



TAMPEREEN TEKNILLINEN YLIOPISTO
TAMPERE UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

TEEMU PELTOMÄKI
TUOTANTOPROSESSIN ANALYSOINTI JA KEHITYS

Diplomityö

Tarkastaja: professori Kari Koskinen
Tarkastaja ja aihe hyväksytty
28.3.2018

TIIVISTELMÄ

TEEMU PELTOMÄKI: Tuotantoprosessin analysointi ja kehitys

Tampereen teknillinen yliopisto

Diplomityö, 81 sivua, 10 liitesivua

Huhtikuu 2018

Konetekniikan diplomi-insinöörin tutkinto-ohjelma

Pääaine: Tuotantotekniikka

Tarkastaja: professori Kari Koskinen

Avainsanat: tuotantoprosessi, valmistus, laadunhallinta, lean, kehitys

Tämän työn tavoitteena oli kehittää paalutuskoneita valmistavan yrityksen tuotantoprosessi. Tuotantoprosessista etsittiin kehityskohteita ja näihin kehityskohteisiin kehitysehdotuksia, joiden avulla luotiin tuotantoprosessille kehityssuunnitelma. Kehityskohteita ja -ideoita etsittiin *työntekijähaastatteluiden, tuotantoprosessin tarkkailun, materiaali- ja ihmisvirtatutkimuksen sekä kirjallisuuden avulla*.

Työn tutkimusosuus alkoi tutustumisella tuotantoympäristöön ja työntekijöiden työskentelyyn. Tutustumisen aikana havaittiin ensimmäiset kehityskohteet ja pohjustettiin haastattelututkimusta, joka oli tutkimusmenetelmistä tärkein. Haastattelut suoritettiin työntekijöiden töiden ohessa, jolloin haastattelutilanteista saatiin kiusallisuus pois. Jo tässä vaiheessa käytettiin kirjallisuutta apuna tuotantoprosessin ongelmien tunnistamisessa.

Tuotantoprosessista löytyi kehitettävää todella paljon, eikä kaikkiin kehityskohteisiin ollut aikaa paneutua. Siksi kohteiden joukosta rajattiin pois vähemmän tärkeät, ja loput yhdistettiin suuremmiksi kokonaisuuksiksi, joihin lähdettiin luomaan kehityssuunnitelmia. Kokonaisuuksiksi valikoituivat: *valmistus ja hankinta, layout, tuotantoprosessin seuranta, tuotannon sisäinen kommunikaatio sekä tuotetietojen ylläpito ja tuotemuutokset*. Näiden sisällöistä erityisesti tuotannonohjausta, hankintojen hallintaa sekä tuotantoprosessin laadun- ja tehokkuudenmittausta yritettiin parantaa ja materiaalivirtoja lyhentää.

Valmistukseen liittyvät kehitysideat helpottaisivat tuotannonohjausta systematisoimalla toimia, lisäämällä digitaalisuutta sekä jakamalla vastuut uudelleen. Esimerkiksi sarjatuotannon saavuttamiseksi ehdotettiin ulkoistamisen lisäämistä sekä kunnollisen aikatauluohjelman käyttöönottoa. Hankintoihin ehdotettiin organisointia ja hankintojen keskittämistä ainoastaan hankintapäällikölle sekä mahdollisesti uudelle hankintahenkilölle osien varastomäärien ja toimittajien laadun hallitsemiseksi. Layoutille tehtiin suunnitelma uusia tuotteita ja tuotantomäärien kasvua varten. Tuotantoprosessin mittaukset ovat jääneet yrityksessä hieman taka-alalle, joten niiden käyttöönottoon ja hyödyntämiseen annettiin myös ehdotuksia. Lisäksi kehitysehdotuksia järkevää kommunikointia ja tuotetietojen käyttämistä koskien saatiin aikaan. Ideoiden luomisvaiheessa kirjallisuudesta tuli tärkeä työväline.

Tutkimuksen jälkeen todettiin, että koko kehityssuunnitelma on toteutettavissa ilman suuria hidasteita tuotantoon, ja tästä syystä suunnitelman toteuttamisvaiheen voi käynnistää mistä kehitysehdotuksesta tahansa. Järkevintä se on kuitenkin aloittaa käytäntöjen muuttamisesta ja valmistuksen standardoinnista. Layoutmuutoksen tekeminen kannattaa ajoittaa hiljaisempaan tuotantotilanteeseen. Tuotantoprosessin mittauksen suunnittelu ja aloittaminen on oma prosessinsa ja vaatii hieman lisää tutkimusta.

ABSTRACT

TEEMU PELTOMÄKI: Analysis and development of a manufacturing process
 Tampere University of Technology
 Master of Science Thesis, 81 pages, 10 Appendix pages
 April 2018
 Master's Degree Programme in Mechanical Engineering
 Major: Production engineering
 Examiner: Professor Kari Koskinen

Keywords: production process, manufacturing, quality control, lean, development

The purpose of this thesis was to develop a manufacturing process of a company manufacturing piling equipment. The process was investigated for targets for development, to which development proposals would later be given. The development targets and ideas were found using *employee interviews, basic observation, material and human flow analysis* and *literature*.

The research part of the thesis started with getting oneself familiarized with the production environment and employees' ways of working. During this phase the first development targets were detected and the outline for the employee interview was created. The interviews were carried out alongside the normal daily routines so that the employees would feel more comfortable to talk and share.

The number of things in need for development was high and some development targets had to be set aside. The rest were divided into a few groups based on their content and the groups then became the actual subjects of the research. The groups were: *manufacturing & purchasing, layout, manufacturing process assessment, internal communication in production* and *maintaining product data & product changes*. Within these groups the focus was especially on production control, control of purchasing operations, transport of materials and quality & efficiency measurements of the manufacturing process.

The development ideas for improvement of manufacturing would ease production control by systemizing everyday actions, increasing use of digitalization and sharing responsibilities. For example, more outsourcing and use of a good scheduling software was suggested to achieve higher level of mass production and better control over daily routines. For purchasing department, it was suggested that the operations would become organized and centralized to be made by only purchasing personnel to control inventory and supplier quality better. Layout was redesigned so that it would enable manufacturing new products and bigger production volume. In addition, development proposals for practical communication and product data utilization was given. Literature became the most important tool during the planning phase.

After the research, it was concluded that the whole development plan could be implemented without major delays in production and for this reason the implementation phase could be initiated with any of the given development ideas. The most rational decision is to start the phase by making changes to learned practices and standardizing production process. Changes to the layout should be made when it's quieter times in the factory. The design and implementation of the measurement and evaluation systems for the manufacturing process will be a whole new process and needs more planning and preparation.

ALKUSANAT

Tämä diplomityö on tehty Movax Oy:lle vastaamaan yrityksen tarpeeseen. Haluan kiittää yrityksen henkilökuntaa mahdollisuudesta tehdä työ ja päättää opinnot haasteellisen, mutta opettavaisen tehtävän parissa. Isot kiitokset yrityksestä nimetylle ohjaajalleni Mika Koskiselle antamastaan kriittisestä, mutta rakentavasta palautteesta sekä työn ohjaamisesta yritykselle edulliseen suuntaan. Kiitos myös yrityksen muille työntekijöille ystävällisestä avusta diplomityöhön liittyvän tutkimuksen suorittamisessa.

Erityiskiitoksen haluan osoittaa toiselle ohjaajalleni, Kari Lyytikäiselle. Hänen asiantuntevuutensa sekä halunsa opettaa motivoi ja auttoi tekemään työstä laadukkaan. Työn tarkastajaa Kari Koskista kiitän avusta diplomityöprosessin läpiviennissä ja työn oikeudenmukaisesta arvioinnista.

Hämeenlinnassa, 9.4.2018

Teemu Peltomäki

SISÄLLYSLUETTELO

1.	JOHDANTO	1
1.1	Yrityksen kuvaus	2
1.2	Tutkimustarpeen synty ja tutkimuksen tavoite	2
1.3	Diplomityön sisältö ja tutkimusraportin jäsentely	3
2.	TUOTANTOPROSESSIEN TEORIAA	4
2.1	Tuotantoprosessin osat	5
2.1.1	Valmistus	6
2.1.2	Layout	14
2.1.3	Tuotannon hankinnat	15
2.1.4	Varastonhallinta	17
2.1.5	Tuotantoprosessin seuranta ja laadunvarmistus	20
2.2	Lean-ajattelu osana tuotantoprosesseja	25
2.3	Digitaalisuus tuotannossa	25
3.	TUOTANTOPROSESSIN KEHITTÄMISEN PROSESSI	28
4.	TUTKIMUSMENETELMÄT JA AINEISTO	33
5.	YRITYKSEN TUOTANTOPROSESSIN NYKYTILA	36
5.1	Valmistettavat tuotteet	36
5.2	Tuotantoprosessin osa-alueet ja tehtävät	38
5.2.1	Tuotannon suunnittelu ja ohjaus	39
5.2.2	Hankinta ja saapuva tavara	40
5.2.3	Osavalmistus	41
5.2.4	Kokoonpano & testaus	43
5.3	Tehtaan layout ja materiaalivirrat	44
5.4	Tuotantoprosessin arviointi-, mittaus- ja kehitysmenetelmät	46
5.5	ABC-analyysi	47
5.6	Make-or-Buy -tarkastelu	48
6.	KEHITYSKOhteet JA -SUUNNITELMAT	52
6.1	Valmistus ja hankinta	52
6.1.1	Tuotannonohjaus ja -suunnittelu	52
6.1.2	Valmistusoperaatiot	54
6.1.3	Työntekijät ja toimenkuvat	55
6.1.4	Tuotannon hankinnat	57
6.2	Layout	59
6.3	Tuotantoprosessin seuranta	60
6.4	Tuotannon sisäinen kommunikaatio	63
6.5	Tuotetietojen ja -muutosten hallinta	66
7.	JOHTOPÄÄTÖKSET JA KEHITYSSUUNNITELMIEN TOTEUTUS	70
8.	JATKOKEHITYS TULEVAISUUDESSA	73
9.	YHTEENVETO	76
	LÄHTEET	77

LIITE A: TILAUS–TOIMITUS -KAAVIO

LIITE B: TARKASTELTAVAN TUOTANNON LAYOUT

LIITE C: TUTKITTAVAN TUOTANTOPROSESSIN MATERIAALIVIRTOJA

LIITE D: LAYOUTSUUNNITELMA

LIITE E: MUUTTUNEET MATERIAALIVIRRRAT

LIITE F: LEAN-TYÖKALUT

KUVALUETTELO

Kuva 1.	<i>Yleinen kuvaus materiaalin liikkeestä tuotannossa (Bulfin & Sipper 1997, s. 8).</i>	4
Kuva 2.	<i>Valmistusoperaatioiden luokittelu (perustuu lähteeseen Groover 2008, s. 47).</i>	7
Kuva 3.	<i>Esimerkki Gantt-kaaviosta.</i>	10
Kuva 4.	<i>Automaation ja tietokoneavusteisen ohjaamisen viisi astetta (Groover 2008, s. 101).</i>	12
Kuva 5.	<i>Hankintaprosessin päävaiheet.</i>	17
Kuva 6.	<i>ABC-analyysin tulos kuvaajana (Kubanova et al. 2015, s. 38).</i>	20
Kuva 7.	<i>Mahdollisuus vaikuttaa laatuun vs. laatuvirheen aiheuttaman lisäkustannukset (Borkowski & Knop 2016, s. 15).</i>	24
Kuva 8.	<i>Tuotannon ongelmat vs. tuottaminen tuotantoprosessin käyttöönoton aikana ja tuotannon alun jälkeen (Bellgran & Säfsten 2010, s. 235).</i>	31
Kuva 9.	<i>Sivuoteiskijöitä leuoilla ja adaptereilla (Movax 2018).</i>	37
Kuva 10.	<i>Paalutusvasara (vas.) & paalutuskaira adaptereilla (Movax 2018).</i>	37
Kuva 11.	<i>Esimerkki työpisteillä käytettävien tablettien mobiilikäyttöliittymästä (perustuu lähteeseen Collapick company Oy 2018).</i>	53
Kuva 12.	<i>Laatuajattelun vaiheet organisaatiossa (Kenyon & Sen 2014, s. 56).</i>	62
Kuva 13.	<i>Esimerkki tuotannonohjaustaulusta.</i>	65
Kuva 14.	<i>PDM-ohjelmiston käyttöliittymäesimerkki (Javelin Technologies Inc. 2017).</i>	67
Kuva 15.	<i>IoT:tä hyödyntävä tehdas (Protolabs 2017).</i>	74
Kuva 16.	<i>Tutkittavan tuotantoprosessin kulku tilausvahvistuksesta toimitukseen.</i>	82
Kuva 17.	<i>Tehtaan pohjakuva.</i>	83
Kuva 18.	<i>U-rautojen liike puolivalmiista rakenteesta maalatuksi lopputuotteen osaksi.</i>	84
Kuva 19.	<i>Erään vibrakoteloon tulevan leikkeen virta tuotannossa.</i>	85
Kuva 20.	<i>Suunnitelma tutkittavan tuotantotilan laajentamiseksi.</i>	86
Kuva 21.	<i>Kuvassa 19 esitetyn leikkeen virran muutos hitsaamossa ja koneistamossa, jos leike ostetaan esikäsiteltynä ja koneistettuna.</i>	87
Kuva 22.	<i>Kokoonpanovirtojen muutoksia layoutmuutoksen ja laajennuksen jälkeen.</i>	87

TAULUKKOLUETTELO

<i>Taulukko 1.</i>	<i>Vaihtelun aiheuttajia (Hopp & Spearman 2000, s. 288).</i>	5
<i>Taulukko 2.</i>	<i>Sigmatasoja vastaavat viallisten määrät.</i>	23
<i>Taulukko 3.</i>	<i>Tuotantoprosessin suunnittelun jako (Bellgran & Säfssten 2010, s. 56).</i>	30
<i>Taulukko 4.</i>	<i>Työntekijähaastatteluissa kysyttyjä kysymyksiä.</i>	33
<i>Taulukko 5.</i>	<i>Lean-työkalut ja niiden kuvaukset (Bhasin 2015, s. 92-95).</i>	88

LYHENTEET JA MERKINNÄT

3D-tulostus	kappaleen luonti pursottamalla ainetta tulostimella haluttuun muotoon
5S	keino työpisteiden järjestelyyn tuotannon tehokkuuden maksimoimiseksi
CONWIP	engl. Constant work in process, jatkuvaa tuotantoa ylläpitävä tuotannonohjaustapa
DFA	engl. Design for assembly, tuotteiden suunnittelu niiden vaivaton kokoonpano lähtökohtana
DFM	engl. Design for manufacturing, tuotteiden suunnittelu niiden vaivaton valmistus lähtökohtana
ERP	engl. Enterprise resource planning, toiminnanohjausjärjestelmä
IoT	engl. Internet of Things, esineiden internet eli internetin välityksellä kommunikoivien laitteiden verkosto
JIT	engl. Just-in-Time, varastomäärien minimoimiseen ja tuotantoprosessin sujuvuuden maksimoimiseen keskittyvä tuotantomenetelmä
KET	keskeneräinen tuotanto
MRP	engl. Material requirements planning, tuotannon aikataulutuksen ja varastonhallinnan mahdollistava ohjausjärjestelmä
MRP II	engl. Manufacturing requirements planning, tuotannon kokonaisvaltaisen suunnittelun ja ohjauksen mahdollistava ohjausjärjestelmä
PDM	engl. Product data management, tuotetietojen keskitettyä ylläpitoa
PK-yritys	pieniin tai keskisuuriin yrityksiin kuuluvasta yrityksestä käytetty termi
QFD	engl. Quality function deployment, tuotteiden laadun suunnittelua ennen varsinaista tuotesuunnittelua ja niiden tuotantoa
ROI	engl. Return on investment, sijoitetun pääoman tuoton aste
TOC	engl. Theory of constraints, tuotantoa rajoittaviin tekijöihin keskittyvä oppi
TPS	engl. Toyota Production System, Toyotalle optimoitu uniikki tuotantojärjestelmä
TQM	engl. Total quality management, jatkuva laadunparantaminen ja erinomaisen laadunhallinnan hyödyntäminen yrityksessä
WCM	engl. World Class Manufacturing, huippulaadukkaan ja -tehokkaan valmistuksen saavuttamiseksi luotu konsepti

1. JOHDANTO

Elämme maailmassa, jossa ainutlaatuisuus on harvinaista ja jokaiselle asialle löytyy korvaaja, hyvä tai huono sellainen. Korvattavuus tarkoittaa vertailua, vertailu tarkoittaa valintaa ja valinta heikompien häviämistä. Yritysten, jotka tarjoavat tuotteita ja palveluita, näkökulmasta korvattavuus sekä vertailujen ja valintojen mahdollisuus tarkoittavat kilpailua ja selviytymistä. Kilpailu voitetaan ja hengissä säilyminen taataan tarjoamalla asiakkaille jotain ylivertaista ja ainutlaatuista. Ylivertaisuus voidaan saavuttaa yhdellä keinolla tai monen keinon summana. Voit valmistaa pienemmillä kustannuksilla, kuin kilpailijat, tai voit tuottaa laadukkaampia tai parempia tuotteita tai palveluita, kuin kilpailijat. Mutta jokaisena hetkenä ylivertaisuus on katoavaista, koska kaikki tuotteet, palvelut, teknologiat tai tavat tehdä ovat kopioitavissa ja innovatiivisuus on jatkuvaa. Jotkut yritykset onnistuvat säilyttämään ainutlaatuisuuden pitkään, ja valtaamaan siten markkinoita, mutta myös nämä yritykset joutuvat ennen pitkää kopioinnin tai syrjäytyksen kohteeksi, ja joutuvat etsimään ainutlaatuisuutta ja ylivertaisuutta uudelleen.

Kilpailu, kopioinnin tai innovatiivisuuden aikaansaama, aiheuttaa reaktioita yrityksissä. Ne joutuvat muuntautumaan, investoimaan ja kehittymään saavuttaakseen uudelleen edun kilpailijoihin nähden ja paremman aseman markkinoilla, joilla toimivat, tai hankkimaan paikan uusilla markkinoilla. Firmat kilpailevat keskenään tuotteilla ja palveluilla, jotka luodaan tuotannossa. Haluttiin sitten muuttaa tuotetta tai palvelua, alentaa valmistuskustannuksia tai parantaa tuottavuutta, on kyse tuotantoon liittyvistä kehitystoimista. Koko tuotannon ja tuotantojärjestelmän kehittäminen on pitkä, vaativa ja kallis projekti, jota ei markkina-aseman parantamiseksi kannata lähteä herkästi viemään eteenpäin. Sen sijaan tuotannon ytimen, tuotantoprosessin kehittäminen, on järkevämpi ja riittävä keino monien muutosten aikaansaamiseksi. Tuotantoprosessia ei tarvitse kehittää kokonaisuudessaan, vaan siitä voidaan pienellä tarkastelulla rajata vain osa kehitystyön kohteeksi. Näin kilpailuun vastataan nopeasti ja mahdollisimman alhaisilla kehityskustannuksilla.

Kilpailu ei ole ainoa syy miksi tuotantoprosessia lähdetään muuttamaan. Globalisaatio, vihreys, tekoäly, virtuaalitodellisuus ja internet ovat päivän muotisanat ja yrityksiä ohjaavat voimat. Niiden avulla saavutetaan etuja ja tuotantoprosessit muuttuvat merkittävästi tehokkaammiksi, muuntautumiskykyisemmiksi ja ympäristöystävällisimmiksi. Lisäksi ainetta lisäävä valmistus (*3D-tulostus*) tulee mullistamaan maailman tuotantoympäristöt ja yritysten välisen kilpailun lähivuosina ennen näkemättömillä mahdollisuuksillaan. Kehitys kehittyy, ja teknologiayhtiöt esittelevät entistä useammin uusia tuotteita, joilla elämä helpottuu ja maailma yhtenäistyy.

1.1 Yrityksen kuvaus

Diplomityön kohdeyrityksenä on suomalainen ja valmistuksen Suomessa pitänyt paalutukseen tarkoitettujen, kaivinkoneisiin sovitimmella liitettävien koneiden sekä lisälaitteiden kehittäjä ja valmistaja. Tuotteita ohjataan niihin suunnitelluilla ohjausjärjestelmillä, jotka ovat ainutlaatuisia maailmassa. Suurin osa tuotteista myydään rakennusteollisuuteen, mutta asiakkaita löytyy monilta toimialoilta rautateitä asentavista yhtiöistä puutarhafirmoihin asti. Vuodesta 1993 lähtien toiminut yritys on vahvasti edustettuna kansainvälisesti kymmenissä maissa ja myy suurimman osan laitteistaan ulkomaille. Yritys onkin markkinajohtaja alallaan ja jatkuvasti etsimässä uusia asiakkaita ja kasvua niin Suomesta kuin ulkomailta.

1.2 Tutkimustarpeen synty ja tutkimuksen tavoite

Yritys, johon tutkittava tuotantoprosessikin kuuluu, on muutaman viimeisimmän vuoden aikana kasvanut nopeasti tuotantomäärässä, henkilöstön määrässä ja liikevaihdon määrässä mitattuna. Yritystä tai tuotantoprosessia ei ole tästä huolimatta näiden vuosien aikana kehitetty vastaamaan suuria mittasuhteita, ja nykyiset tilat ja tavat ovat riittämättömät pitämään asioita hallinnassa ja tuottamaan riittävän nopeasti ja ajallaan. Samaan aikaan kysynnän kasvaessa kilpailu kiristyy ja kopiointi lisääntyy, ja nämä kolme yhdessä saivat aikaan tarpeen kehittää tuotantoprosessia diplomityöntekijän avustuksella.

Tutkimuksen tavoitetta ei määriteltä pilkuntarkasti, ja diplomityöntekijälle annettiinkin ohjeeksi laittaa tuotantoprosessin perusasiat kuntoon, eli etsiä ongelmia tuotantoprosessista ja ratkaisuja niihin. Kuinka tämä kaikki tapahtui, jäi tutkijan harteille. Mahdollisuuksina oli tutkia koko tuotantoprosessia tai keskittyä esimerkiksi yhden tuotteen valmistuksen läpimenoon. Vapaat kädet -menettelyssä on vaikea päästä alkuun, koska mahdollisuuksia tutkimuksen linjaukselle on paljon, mutta samalla tekemiseen saa lisämotivaatiota siitä, että saa käyttää osaamistaan ja luovuuttaan tavoitteiden saavuttamiseksi.

Tutkimuksen aiheeksi päätyi hyvin nopeasti tuotantoprosessin kehittäminen kokonaisuutena ja tavoitteeksi asetettiin muutaman suuren kehityskohteen löytäminen ja kehitysehdotusten esittäminen näihin kohteisiin. Koska kasvu on ollut yrityksessä nopeaa, myös diplomityöhön liittyvä tutkimus on tehty nopea kasvu huomioiden, mikä käytännössä tarkoittaa keskittymistä kehityskohteisiin, jotka ovat nopeasti toteutettavissa. Kehitystyön ideoita ei arvioida diplomityön yhteydessä suoraan tunnuslukujen avulla, vaan ainoastaan mietitään, kuinka hyvin ideat sujuvoittavat tämän hetkistä ja tulevaisuudessa vieläkin kii-reisempää tuotantoprosessia sekä auttavat sitä selviytymään kysynnän kasvun aikoina. Saadut kehityssuunnitelmat eivät olekaan lopullisia ratkaisuja, vaan niiden joukosta voi valita mieleisensä toteutettavaksi tai uudelleenideoitavaksi tarpeen mukaan. Oletuksena tietenkin on, että kehitystyön seurauksena tuottavuus yrityksessä kasvaa, vaikka tehokkuuteen ei suoraan pyritä vaikuttamaan. Koska kyseessä on tuotantoprosessin kehittäminen, toimitusketjun tutkimista ei otettu diplomityöhön mukaan, muutoin kuin miettimällä

hieman tuotantoprosessiin liittyviä hankintoja. Koko toimitusketjuun voidaan keskittyä sitten, kun tuotantoprosessi on saatu nostettua tasolle, jolle se kuuluu.

1.3 Diplomityön sisältö ja tutkimusraportin jäsentely

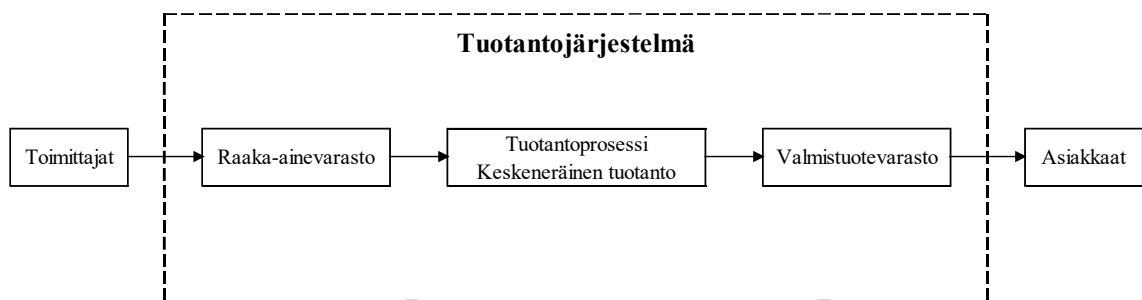
Tämän diplomityökokonaisuuden tekeminen jaettiin kahteen isompaan osuuteen, teoriaan ja tutkimukseen, jotka haarautuivat edelleen pienempiin osiin. Teoriaosuuden tekeminen käsitti aiheeseen liittyvän kirjallisuustiedon lukemista, opiskelua ja muistiinpanojen tekemistä tutkimusosuuden tueksi ja esittelemiseksi. Tutkimusosuus suoritettiin työtä koskevan yrityksen päätoimipaikan tuotannossa eri osastoja itsenäisinä yksiköinä sekä koko tuotantoa yhtenäisenä toimijana tarkastellen. Osuus jakautui ongelmien etsimiseen ja ratkaisujen löytämiseen yhdessä tuotannon työntekijöiden ja toimihenkilöiden kanssa. Koko matkan työn tekemisessä oli tukena myös ohjaajat yrityksen palveluksesta sekä yliopistolta. Diplomityön tutkimusosuuden eteneminen kirjoitettiin tähän tutkimusraporttiin yhdessä työhön liittyvän teorian kanssa.

Raportti alkaa johdannolla, joka nimensä mukaisesti perehdyttää lukijan tutkimuksen aiheen taustoihin ja siihen miksi tutkimusta lähdettiin alun perin tekemään. Johdantoa seuraava kattava teoriaosuus käsitellen tutkimusaihetta sisältävää painettua asiaa. Seuraavana, ennen tutkimusosuutta, käydään läpi tutkimuksen tekemiseen käytetyt menetelmät ja aineisto, ja kuinka näitä hyödynnettiin diplomityön aikana.

Tutkimusosuus raportissa alkaa tarkasteltavan yrityksen tuotantoprosessin ja sen nykytilan avaamisella lukijalle, jotta tämä ymmärtäisi tutkimuksen tarpeellisuuden ja saisi vertailukohteen lopputulokselle. Seuraavana raportissa tulevat kehityskohteiden esittelyt ja suunnitelmat, ja ne ovat diplomityön tutkimuksen keskeinen sisältö. Johtopäätökset, kehityssuunnitelmien toteutusehdotukset ja jatkokehitysideat viimeistelevät raportin tutkimusosuuden ennen yhteenvetoa, jossa kerrataan diplomityön tutkimuksen tärkeimmät kohdat ja pohditaan kehityssuunnitelmien mahdollisia vaikutuksia yrityksen toimintaan, ja jolla päätetään tämä tutkimusraportti.

2. TUOTANTOPROSESSIN TEORIAA

Tuotanto on tuotteiden tai palveluiden tuottamista työntekijöiden, koneiden ja materiaalin avulla. Tuotantojärjestelmä on se kokonaisuus, joka saa aikaan fyysisen tuotteen tuotantotiloissa. Järjestelmä koostuu materiaalivarastoista ja toisiinsa linkittyneistä arvonlisäysprosesseista sekä niitä ympäröivistä tukitoimista. *Tuotantoprosessi on se, joka muuttaa raaka-aineen resurssien, ohjaustoimintojen ja hankintaorganisaation avulla valmiiksi tuotteeksi* (kuva 1). Resursseja ovat valmistukseen liittyvää työtä tekevät ihmiset ja koneet. Jotkut mieltävät myös raaka-aineen resurssiksi. Tuotantoprosessissa eteenpäin kulkevan materiaalivirran vastaan kulkee taaksepäin informaatiovirta. Jokaisella tuottavalla yrityksellä on uniikit prosessinsa, ja mikä toimii yhdessä firmassa, ei välttämättä toimi toisessa.



Kuva 1. Yleinen kuvaus materiaalin liikkeestä tuotannossa (Bulfin & Sipper 1997, s. 8).

Jokainen tuotantoprosessi sisältää vaihtelua. Valmistuksen yhteydessä puhuttaessa vaihtelulla tarkoitetaan epätasaisuutta ja epävarmuutta tuotannossa, läpimenoajoissa, laadussa ja tuottavuudessa. Vaihtelu on se, minkä vuoksi tuotantoprosessia seurataan ja tuotteiden laatua mitataan. Vaihtelua on kahdenlaista: suunniteltua ja suunnittelematonta. Suunniteltu vaihtelu aiheutuu tekijöistä, joihin voidaan vaikuttaa. Näitä tekijöitä ovat tauot, huollot, asetukset jne. Suunniteltua vaihtelua aiheuttavat myös erot työntekijöiden osaamisissa ja käyttöön valitut resurssit (Kara & Kayis 2004). Suunnittelematon vaihtelu aiheutuu tekijöistä, jotka ovat työntekijöiden tavoittamattomissa. Niitä ovat konerikot, tulipalot ym. Suunnittelematonta ja luonnollista vaihtelua syntyy myös tuotantomuutoksista ja toimittajien vaihtelevasta laadusta ja vaihtelevista toimitusajoista johtuen (Kara & Kayis 2004). Vaikka suunnittelemattomaan vaihteluun ei voi vaikuttaa, siihen pystyy varautumaan ennakoimalla. (Hopp & Spearman 2000, luvut 8 ja 9.) Taulukossa 1 on kerrottu vaihtelun aiheuttajia valmistuksessa ja esimerkkejä niistä.

Taulukko 1. *Vaihtelun aiheuttajia (Hopp & Spearman 2000, s. 288).*

Aiheuttaja	Esimerkki
Suunnitellut seisokit	Asetukset
Suunnittelemattomat seisokit	Konerikot
Laatuongelmat	Hukka tai uudelleen tekeminen
Työntekijän vaihtuminen työpisteellä	Osaamiserot
Huono kappaleen suunnittelu	Tuotemuutokset

Asiakas on aina oikeassa. Tuttu ja paikkansa pitävä sanonta. Kysyntä aiheutuu asiakkaiden mieliteista ja saa aikaan kilpailun. Koulutus, teknologia, viestintä ja globalisaatio ovat antaneet asiakkaille enemmän valinnanmahdollisuuksia, ja niiden kautta valtaa. Siksi asiakkaan kokemasta arvosta ja asiakastytyväisyydestä on tullut yrityksen suunnanosoittaja asiakastarpeiden rinnalle. Loppupeleissä tuotetta eivät osta markkinat vaan ihmiset, yksilöt. Asiakkaiden mielipiteiden muutokset pakottavat tuotantoprosessit muuttumaan ja kehittymään entistä joustavimmiksi ja muuntautumiskykyisemmiksi vastaamaan nopeasti muuttuviin asiakasvaatimuksiin. Ihmisistä halutaan kumppaneita, ei vain kertaluontoisia vieraita. (Bulfin & Sipper 1997, s. 25-26.)

Peruslähtökohtana tuotannolla on vastata kysyntään kustannustehokkaasti, nopeasti ja laadukkaasti seuraten samalla yrityksen strategiaa. Tämä saavutetaan suunnittelemalla riittävän hyvä tuotantostrategia, johon kuuluu myös tuotantoprosessien suunnittelu. Suurin ongelma, joka prosessin kehittämisessä esiintyy, on kyky nähdä asiat vain lyhyellä aikavälillä. Tästä seuraa, että päivitetty prosessi on lyhytikäinen, ja sen päivittäminen vaatii taas uuden, perusteellisen suunnitelman. (Bellgran & Säfsten 2010.)

Tuotantoprosessia on parasta lähestyä prosessiajatteluideologia mielessä pitäen. Prosessiajattelun mukaan prosessit ovat systeemin sisällä olevia linkittyneitä asioita, joihin kohdistuu diskreettiä tai jatkuvaa vaihtelua, ja jotka vaativat jatkuvaa kehittämistä. Ajattelu keskittyy systeemin sisällä tapahtuvaan toimintaan ja eri toimintojen välisiin linkkeihin, ei vain systeemin tuotoksiin tai sen komponentteihin, kuten systeemiajattelu tekee. Ja koska prosessiajattelu keskittyy tuotantoprosessiin ja sen alaprosesseihin, ja niitä yhdistäviin tekijöihin, se keskittyy myös prosessien mahdollistajiin ja resursseihin, ja sisältää siten systeemiajattelua. (Bras & Emblemståg 2000.)

2.1 Tuotantoprosessin osat

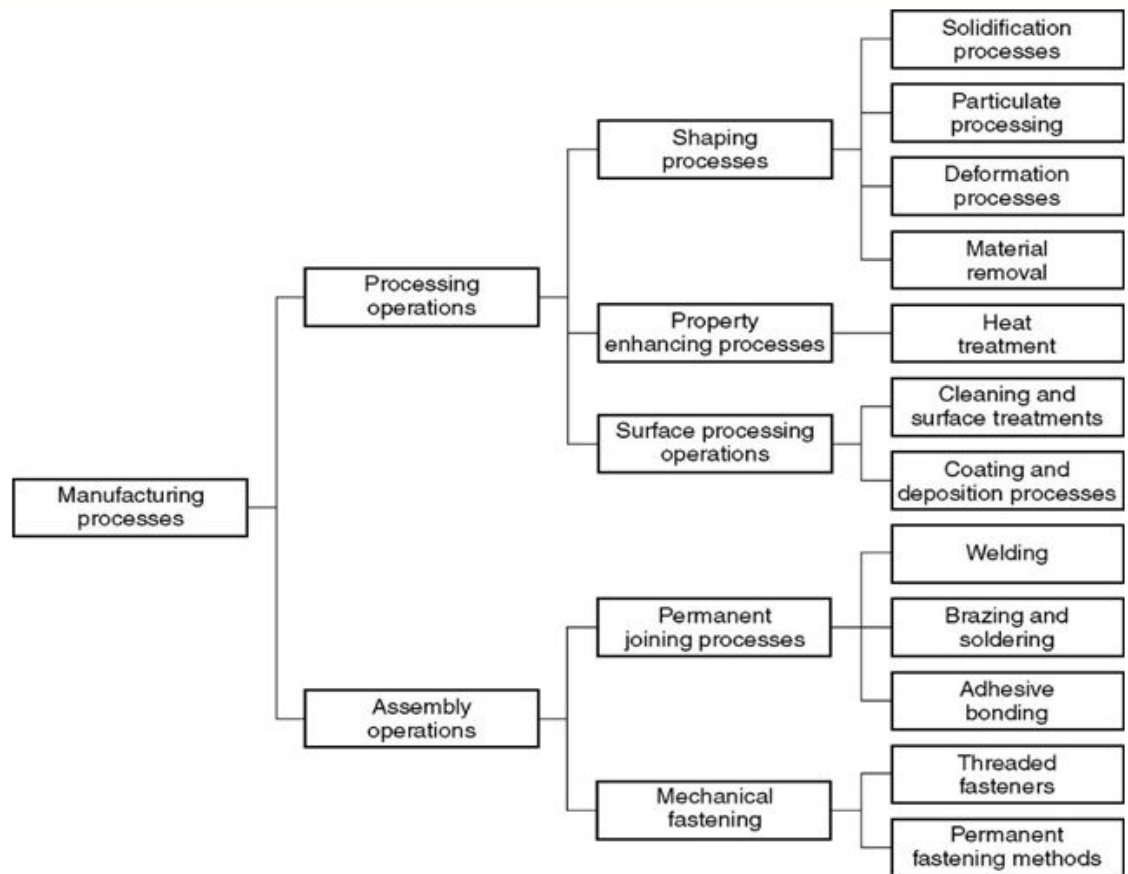
Tuotantoprosessin kehittämiseen ei ole yhtä ja ainoaa tapaa, vaan kehittäjä voi omien halujensa mukaan valita sopivat keinot viedä kehitystyötä eteenpäin. Firma saattaa rajata kehityksen kohteen, mutta muuten kehittäjällä on vapaat kädet tehdä asioita ja päästä lopputulokseen. Tuotantoprosesseista löytyy lukemattomia määriä kehityskohteita, ja niistä oikein valitsemalla saa oikean suunnan kehitystyölle. Mahdollisimman lähelle täydellistä

lopputulosta pääsee, kun hankkii teoreettista tietoa valitsemistaan aiheista ja yhdistää tätä tietoa omiin mielipiteisiinsä ja käy kehitysprosessin alusta loppuun orientoituneesti läpi.

Jos tuotantoprosessia lähdetään kehittämään kokonaisuudessaan, saavutetaan paljon etuja, mutta paljon jää myös saavuttamatta. Kun tutkittavana kohteena on koko prosessi, käsiteltävinä aiheina ovat sen sisältämät keskeiset toimet (tuotannon ohjaus ja suunnittelu, hankinta, lean-operaatiot jne.). Kokonaisuuden tarkastelu tarkoittaa sitä, että kehitystyön lopputuloksena saadaan läpikotaisin optimoitu prosessi. Varjopuolena tässä tavassa on se, että aiheisiin ei voi paneutua kovin syvällisesti ilman, että tutkimustyö laajenee hallitsemattoman suureksi. Tästä seikasta johtuen diplomityön aikataulun mukaan kokonaisvaltaisesti kehitetty tuotantoprosessi on ainoastaan pintaraapaisun tulos, ja tuotantoprosessiin jää vielä kehitettävää.

2.1.1 Valmistus

Aikaisemmin tässä työssä on mainittu, että tuotantoprosessi on se, joka muuttaa raaka-aineen resurssien ja aputoimintojen avulla valmiiksi tuotteeksi. Eri resurssien suorittamia operaatioita, jotka tekevät fyysisiä muutoksia materiaaleihin, kutsutaan valmistusoperaatioiksi tai -vaiheiksi. Koko valmistusvaiheiden joukkoa kutsutaan yleisesti valmistukseksi. Grooverin (2008, s. 46-50) määrittelemänä valmistus on fyysisten ja kemiallisten prosessien hyödyntämistä raaka-aineen muokkaamiseen osiksi tai osien yhdistämistä kokoonpanoiksi. Prosessit etenevät ketjussa, ja jokainen onnistunut prosessi kasvattaa materiaalin arvoa ja vie materiaalia lähemmäs lopputilaansa. Hän mainitsee, että valmistuksen aputoimintoihin kuuluvat osien ja tuotteiden tarkastus ja testaus, materiaalin kuljetus ja varastointi sekä valmistuksen ohjaus ja suunnittelu.



Kuva 2. Valmistusoperaatioiden luokittelu (perustuu lähteeseen Groover 2008, s. 47).

Kun puhutaan tuotannonsuunnittelusta, puhutaan valmistuksen ja siihen liittyvien tukitoimien, suunnittelusta. *Tuotannonsuunnittelulla pyritään suunnittelemaan valmistuskapasiteetti, -aikataulut ja -menetelmät* siten, että saavutetaan myyntiennusteisiin perustuvat tuotantomäärät ja toivottu liikevaihdon kasvu. *Tuotannonohjauksella sen sijaan tarkoitetaan valmistuksen, materiaalin kulun ja valmistukseen liittyvien tukitoimien reaaliaikaista tarkkailua ja ohjausta.* Ohjausta tehdään tähdäten siihen, että pysytään tuotannosuunnitelmassa ja saadaan pidettyä toimitusvarmuus ja laatu korkeina, mutta varastonarvo mahdollisimman alhaisena. Tuotannossa on aina käytössä jokin systemaattinen tai ei-systemaattinen ohjaustapa, jonka mukaan ohjausta tehdään, ja joka määrää sen, kuinka työt liikkuvat valmistusvaiheiden välillä, ja milloin työt vapautetaan tuotantoon.

Ennen tietokoneiden, internetin ja digitaalisuuden yleistymistä, tuotantoa ohjattiin ja suunniteltiin papereiden ja suullisen viestinnän avulla. Tietokoneiden ja internetin kehittymisen myötä ohjausta ja suunnittelua voitiin alkaa tekemään osittain automaattisesti erilaisten tuotannonohjaus ja -suunnitteluohjelmistojen avulla. Täysin automaattisia toimia ei pitkään aikaan varmasti saakaan, sillä tietokoneet eivät osaa tehdä ohjauksessa tarvittavia intuitioon perustuvia päätöksiä. MRP (*material requirements planning*) -ohjelmistot tulivat ensimmäisinä avuksi tietokoneilla tehtävään tuotannonsuunnitteluun ja -ohjaukseen. Ohjelmistoilla voidaan tehdä tuotannon aikataulutusta ja varastonhallintaa.

Vaikka MRP-systeemit ovat yksinkertaisia ja jääneet muiden ohjelmistotyyppien jalkoihin, systeemejä on edelleen käytössä yrityksillä. Material requirements planning-järjestelmät ovat kehittyneet aikoinaan MRP II (*manufacturing resource planning*) -järjestelmiksi. Niistä löytyvät kaikki samat toiminnot, kuin MRP-ohjelmistoista, mutta MRP II-systeemeillä on mahdollista tehdä lisäksi kapasiteettisuunnittelua, kirjanpitoa, ennustamista ja laadunhallintaa. (Chambers *et al.* 2007, s. 409-428.)

ERP (*enterprise resource planning*) -järjestelmä (käytetään myös nimitystä *toiminnanohjausjärjestelmä*) on yleistynyt tuotannonsuunnitteluun ja -ohjaukseen käytetty systeemi. Se on ohjelmisto, joka kokoaa kaikkien yrityksen alueiden (tuotanto, hankinta, talous ym.) hallinnat yhteen, jolloin alueet eivät tarvitse omia erillisiä, niille räätälöityjä ohjelmistojaan. Tärkein etu järjestelmässä on se, että tuotanto voidaan hoitaa tilauksesta tai tarpeesta toimitukseen yhden ohjelman alla. Kommunikointi, tiedonjakaminen ja yhteispeli alueiden välillä on helppoa, ja kaikilla on ajantasainen ja sama tieto yrityksestä ja tuotannosta. Yksi ohjelma on myös halvempi, kuin monta, ja yhden ohjelman kanssa säästytään yhteensopivuusongelmilta, joita useiden ohjelmistojen kanssa saattaa tulla. Myös asiat hoituvat nopeammin, kun tarvitsee käyttää vain yhtä ohjelmaa. (Stevenson 2007, s. 656-663.) MRP:n, MRP II:n ja ERP:n lisäksi on olemassa muita valmistusta avustavia järjestelmätyyppejä, mutta edellä esiteltyt kolme ovat yleisimmin käytettyjä.

Kapasiteettisuunnittelu

Kapasiteetti on *arvoa lisäävien aktiviteettien maksimikuormitus*, jolla tehdas, osasto, kone tai henkilö voi työskennellä tietyssä ajassa (Chambers *et al.* 2007, s. 299). Kapasiteetin yksikkönä voi olla tuotetut määrät tietynä aikana, toiminta-aika mahdollisesta käytettävissä olevasta ajasta jne. Kapasiteettipäätökset ovat kriittisiä, sillä riittävällä kapasiteetilla pystytään vastaamaan kysyntään, ja juuri oikealla kapasiteetin määrällä käytetään juuri oikea määrä rahaa. Kapasiteetin täsmäminen kysynnän kanssa tekee myös valmistuksen ohjauksesta helpompaa. Kapasiteettipäätökset ovat joskus pitkäaikaisia, ja niihin täytyy sitoutua, vaikka ennusteet, joiden perusteella kapasiteettisuunnitelmia tehdään, eivät pidä koskaan täysin paikkansa. Lisääntyvät globalisaatio vaikeuttaa kapasiteetin laskentaa entisestään. Kapasiteetin tarpeen ennustamista ja laskentaa kysynnän ennusteiden perusteella sanotaan kapasiteettisuunnitteluksi. (Stevenson 2007, s. 176-198.)

Kapasiteettisuunnittelu on yrityksen toimintaympäristöstä riippuvaista, eivätkä kaikki firmat tee yhtä tarkkaa kapasiteetilaskentaa. Sitä kannattaisi tehdä edes vähän, sillä sen avulla voidaan saavuttaa *alhaisemmat valmistuskustannukset ja tehokkaampi tuotantoprosessi*. (Stevenson 2007, s. 178-179.) Kapasiteettisuunnittelu on tärkeää myös siksi, että odottamattomia kapasiteettitarpeita on vaikea täyttää ja ylimääräisestä kapasiteetista maksaa turhaan, koska siitä ei pääse eroon. Suunnittelua voi tehdä pitkällä tai lyhyellä aikavälillä. Pitkän aikavälin kapasiteettisuunnittelulla pyritään laskemaan kysynnän trendit ja syklit huomioon ottaen aikavälillä tarvittava kokonaiskapasiteetti. Lyhyen aikavälin

suunnittelulla täsmennetään pitkän aikavälin suunnitelmia keskittymällä lähitulevaisuuden kysynnän heilahduksiin, jotka aiheutuvat esimerkiksi sesonkien aikana. (Chambers *et al.* 2007, s. 299-300.)

Pullonkaula on yleisesti ajateltuna tapahtumasarjan komponentti, josta menee tapahtumat läpi hitaammin, kuin muista sarjan komponenteista. Pullonkaulat ovat tärkeä osa tuotantoprosesseihin liittyvää oppia, TOC:tä (*theory of constraints*) (Boyd & Gupta 2008). Tuotantoprosessissa *pullonkaula on resurssi, jonka kapasiteetti rajoittaa muita resursseja*. Tämä tarkoittaa sitä, että ei-pullonkaulat eli tuotantoa rajoittamattomat resurssit voivat olla hetkellisesti ilman työtä, kun ne odottavat pullonkaulan tekevän oman työnsä loppuun. Rajoitetun tuotantoprosessin läpimenoaikaa voi pidentää vain pullonkaulavaiheen kapasiteettia nostamalla. (Bulfin & Sipper 1997, luku 10.)

Edelliseen liittyy se oletus, että halvalla ja helposti parannettavan kapasiteetin omaavan resurssin ei pitäisikään koskaan olla pullonkaula. Pullonkaulan kanssa voi olla järkevää myös elää, sillä kapasiteetti nousee usein suurin harppauksin, ja sitä on pakko ottaa lisää enemmän, kuin tarve vaatii. Aloittamalla tuotantoprosessin aikatauluttamisen pullonkauloista, voi selvittää pidempään ilman lisäkapasiteetin hankkimista. (Hopp & Spearman 2000.) Väliaikaista kapasiteettia voi tarvittaessa hankkia vuokratyövoimasta tai ulkopuolisista valmistajista. Päätöksiä, joilla valitaan, tehdäänkö itse vai hankitaanko ulkopuoliselta toimittajalta, kutsutaan *Make-or-Buy -päätöksiksi*.

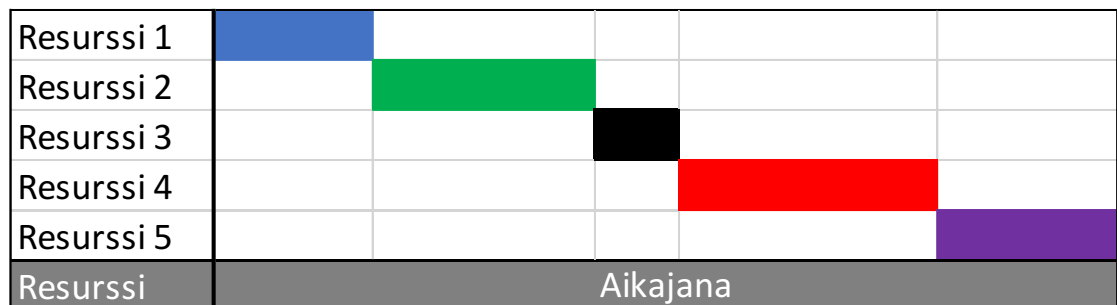
Kapasiteettisuunnitelmat eivät päde ilman resurssien optimaalista hyödyntämistä. Siksi on otettu käyttöön työnsuunnittelu, jolla töiden sisällöt ja menetelmät suunnitellaan siten, että pysytään aikatauluissa, jotka kapasiteetilaskelmien perusteella on tehty. Tuottavuuden maksimoituessa, turvallisuus ja työolojen laatu saadaan samalla kuntoon. Käytännössä työnsuunnittelulla ratkaistaan kuka tekee, kuinka tekee ja missä tekee. Koneet suorittavat toistuvan tehtävän samalla tavalla, mutta ihmisten toiminnassa on vaihtelua. Työergonomia, työn laatu, liikkumisen määrä, työtila ja arvostus ovat tekijöitä, joilla on suurin vaikutus henkilön mukavuuteen, mielialaan ja työmotivaatioon, joilla taas on suora vaikutus vaihteluun ja henkilön tuottavuuteen. (Stevenson 2007, s. luku 7.)

Tekemisen mielenkiintoisuutta on helppoa ja yksinkertaista lisätä panostamalla työnsuunnitteluun ja ihmisten huomioon ottamiseen. Pelkästään työolojen parantaminen ja työntekijöiden käyttö vaihtelevissa tehtävissä eivät poista motivaatiopuutoksia, vaan myös arvostusta työntekijöitä kohtaan täytyy lisätä. Arvostusta lisäävät työntekijöiden kuunteleminen sekä enemmän vastuuta sisältävien tehtävien osoittaminen heille. Yhtenä osana arvostusta on bonuksien jakaminen sekä palkkojen nosto, ja juuri nämä nyky-yhteiskunnassa toimivatkin tehokkaimpina motivaation nostajana. On myös huomattu, että työntekijät toimivat parhaiten tiimeissä ja ilman esimiesten jatkuvaa ohjausta, mitä kannattaa hyödyntää etenkin projekteissa. (Hopp & Spearman 2000, luku 11.)

Aikataulutus

Tuotannonsuunnittelussa aikataulutus on *resurssien valitsemista ja ajoittamista* valmistuksen viivästyksistä ja muut kapasiteettirajoitteet huomioon ottaen tuotteen valmistamiseksi. Töillä on resursseilla aloitus- ja lopetusajankohdat, kestot ja aikataulutuksesta syntynyt työjärjestys. *Läpimenoaika on hetki tuotteen aloituksesta sen toimitukseen*. Jokainen työ tarvitsee kestolle tavoitteen, jotta tuotanto saadaan aikataulutettua ja pidettyä sujuvana. (Bulfin & Sipper 1997, luku 8.) Tehokkaalla aikataulusuunnittelulla *tehdään säästöjä, parannetaan tuottavuutta ja minimoidaan läpimenoajat*, mikä on tärkeää yritykselle sen kilpaillen markkinoilla. Optimaaliset aikataulut on vaikea saavuttaa, sillä aikataulutukset tehdään viimeisenä kapasiteettilaskujen ja muiden valmistusta koskevien suunnitelmien jälkeen, ja aikataulutus on siksi hyvin rajoitettua ja työjärjestykset vaativat usein korjauksia myöhemmin kiireen, uusien tilausten tai osapuutosten vuoksi. (Stevenson 2007, s. 720-742.)

Kuten kapasiteettisuunnittelussa, myös aikataulusuunnittelussa voi käyttää erilaisia apukeinoja ja -välineitä, kuten algoritmeja, Gantt-kaavioita (kuva 3) jne. Aikataulujen pitämistä on vaikeaa mitata, joten apukeinot ja -välineet ovat hyvä korvike tehokkaan aikataulutuksen saavuttamiseksi. Tutkijat ovat todenneet, että vain 5 % ajasta käytetään arvoa lisäävään tekemiseen, joten kunnollisella aikataulutuksella voi tehdä suuriakin säästöjä. (Bulfin & Sipper 1997, luku 8.)



Kuva 3. Esimerkki Gantt-kaaviosta.

Kapasiteettisuunnittelulla saadaan suunniteltua tarvittavat resurssit sekä niiden optimaalinen käyttö, jotta saavutetaan ennustetut tuotantomäärät juuri oikealla määrällä kapasiteettia. Oikeanlaisella aikataulutuksella saadaan teoriassa toteutettua tuotantosunnitelmat, mutta vain, jos kapasiteetti on laskettu oikein. Käytännössä suunniteltuihin tavoitteisiin ei aina päästä, koska työvaihe riippuu edellisestä vaiheesta ja tuotantoprosessi on täynnä aikatauluja venyttäviä vaihteluita ja häiriöitä, kuten pullonkauloja, jotka pidentävät tuotannon läpimenoaikoja. Pidentyneet läpimenoajat saattavat aiheuttaa myöhästymisiä, joilla on vaikutusta toimitusvarmuuteen ja asiakastyytyväisyyteen (Byrne *et al.* 2007).

Ennustaminen

Ennustaminen on *kerättyyn dataan, nykyhavaintoihin ja trendeihin perustuvien sivistyneiden arvausten tekemistä tulevaisuuden asioista*. Tuotannossa tehtävällä ennustamisella pyritään *kohdistamaan kapasiteetti ennustetun kysynnän kanssa*. Tuotantomäärien ennusteet saadaan myyntiennusteista, jotka ovat pohja eri yrityksen funktioiden suunnitelmille. Ennustetun kapasiteetin perusteella muodostuvat materiaali- ja tilatarve sekä aikataulu. (Bulfin & Sipper 1997, luku 4.) Jos aikataulu on pielessä, on seurauksena ylimää räisiä maksuja. Ennustaminen on vaikeaa, varsinkin pitkälle aikavälille, koska maailma sisältää vaihtelua, johon ei voida vaikuttaa, mutta juuri siitä syystä ennustamista ei saa unohtaa. Ennustevirheistä ei saa lannistua, vaan niitä tulee käyttää hyväksi uusien ennusteiden tekemisessä. (Stevenson 2007, s. 67-69.)

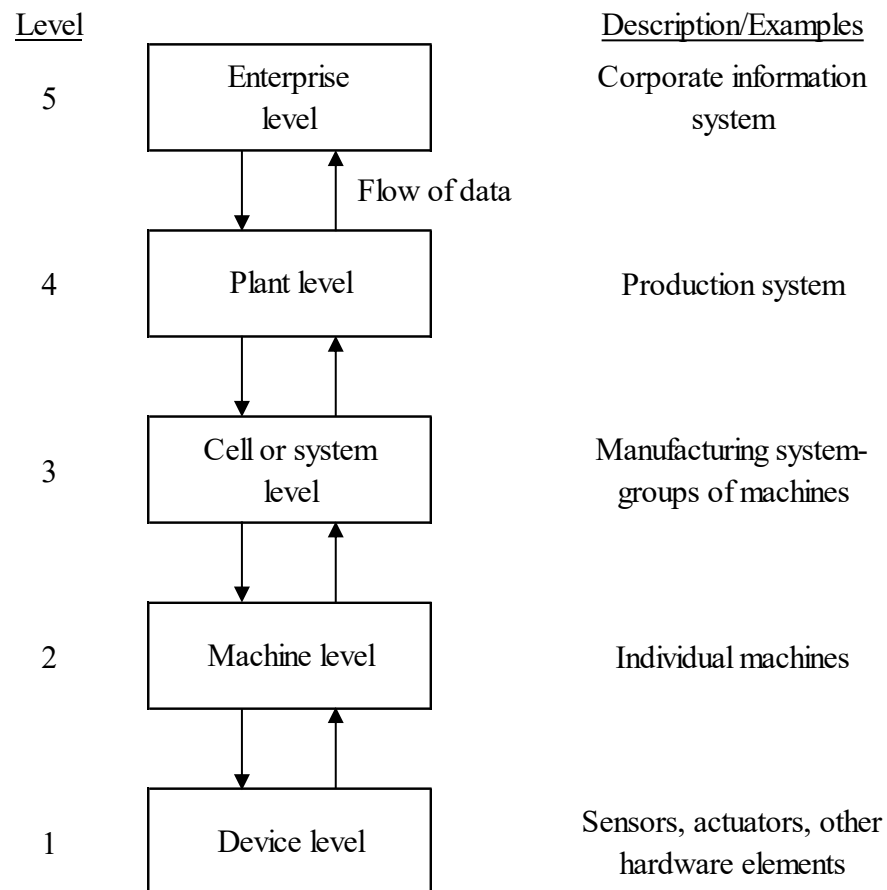
Ennustaminen kuuluu päivittäisiin tuotannon toimihenkilöiden tehtäviin, mutta ennusteisiin ei panosteta riittävästi, eivätkä läheskään kaikki ennusteet täytä hyvän ennusteen kriteerejä. Hyvä ennuste on *riittävän tarkka* halutulle aikavälille ja *ennustaa oikeita asioita* yksinkertaisesti. Riittävän tarkka siksi, että osataan miettiä oikein mahdolliset poikkeamat ennusteessa. Ennusteiden tekemisen tulee olla lisäksi kustannustehokasta. (Stevenson 2007, s. 69-70.) Huono ennuste ennustaa liialliset tai liian vähäiset tuotantomäärät, ja näistä liika tuotanto jää varastoihin sitomaan pääomaa, kun taas liian vähäinen ei täytä asiakastarpeita ja aiheuttaa tulojen menetyksiä. Ennusteille on olemassa valmiita malleja ja ennustamiselle tekniikoita ja tietokoneohjelmia, joita voi käyttää hyödyksi ennusteiden teossa. (Bulfin & Sipper 1997, luku 4.)

Ennusteita voi tehdä kvalitatiivisesti tai kvantitatiivisesti. Kvalitatiivinen ennuste perustuu intuitioon sekä mielipiteisiin, kvantitatiivinen perustuu konkreettiseen dataan. Ennusteisiin voi reagoida aktiivisesti tai proaktiivisesti. Aktiivinen reagointi muuttaa tuotantoa ennusteiden mukaan, proaktiivinen yrittää säätää kysynnän ennusteisiin sopivaksi. Joustava tuotantoprosessi nopeuttaa ja helpottaa ennustevirheistä aiheutuneiden vaihteluiden poistamista. (Stevenson 2007, luku 3.)

Automaatio

Automatisointi tarkoittaa sitä, että *manuaalinen, ihmisen suorittama työ korvataan osittain tai kokonaan automaattisesti toimivilla koneilla*. (Mack 2004.) Teknologiaa, jolla automatisoidaan operaatioita, kutsutaan automaatioksi. Automaatiota käytetään firmoissa läpi yrityshierarkian (kuva 4), ja sitä on kolmea tyyppiä: kiinteä automaatio, joka toistaa yhtä tehtävää, ohjelmoitava automaatio, jonka voi ohjelmoida tekemään useita erilaisia tehtäviä ja joustava automaatio eli automaatiojärjestelmä, joka pystyy nopeasti vaihtamaan käskystä tehtävää ilman väliohjelmointia. Koneita ja järjestelmiä, jotka voivat toimia automaattisesti valmistuksessa, ovat esimerkiksi erilaiset työstökoneet, leikkurit, robotit, kuljettimet, automaattivarastot ja tarkastusjärjestelmät. Joustava valmistusjärjes-

telmä on automaattiosysteemi, joka sisältää erilaisia valmistuskoneita ja -laitteita, ohjelmia, kuljettimia ja varaston, ja joka toimii lähes täysin itsenäisesti. Myös valmistuksen tukitoimia voi automatisoida. Tukitoimissa automaatiolla tarkoitetaan lähinnä tietokoneita. Tietokoneilla onnistuu nykypäivänä valmistuksen suunnittelu ja ohjaus, yksittäisten valmistuskoneiden ja tuotantoautomaation hallinta, koko tehtaan hallinta ja moni muu asia. (Groover 2008, luku 4.) Automatisoinnin yhteydessä on muistettava, että osista ja tuotteista täytyy suunnitella samalla sellaiset, että niitä voi käsitellä automaatiolla.



Kuva 4. *Automaation ja tietokoneavusteisen ohjaamisen viisi astetta (Groover 2008, s. 101).*

Automatisointiin on olemassa erinäisiä syitä. Suurin syy on tuottavuuden parantaminen, sillä korvaamalla hitaasti tekevät ihmiset nopeasti tekevillä koneilla, saadaan enemmän samassa ajassa. On myös olemassa töitä, joita ei voi käsin tehdä, ja siksi täytyy käyttää automaatiota. Aikojen saatossa on lisäksi todettu, että automaatio tekee vähemmän virheitä, kuin ihminen, ja automaatiolla saadaan tuotettua parempaa laatua, kuin manuaalisesti tekemällä. Automaatio ei myöskään lakkoile tai pidä taukoja, ei kyllästy työhönsä tai altistu vaaratilanteille. Joskus voi olla halvempaa käyttää ihmisiä, koska heitä voi palkita, lomauttaa ja palkata väliaikaisesti lisää ilman massiivisia investointeja, kuten perustus-, huolto-, asetus- ja ohjelmointikustannuksia, joita automaation käyttöönotosta ja käytöstä syntyy. (Groover 2008, s. 28-31.) Mutta siinä missä on töitä, joita ei voi käsin tehdä,

on töitä, joita ei voi tehdä automaation avulla. Valittiin sitten manuaalinen tai automaattinen tapaa valmistaa, ihmisiä tarvitaan vähintään valvontaan, ohjaukseen ja yrityksen johtamiseen. (Mack 2004.)

Tuotannonohjaustavat

Tuotannonohjausta voi tehdä kuinka tahansa, eikä sen tarvitse olla järjestelmällistä, mutta ohjaukseen on olemassa myös valmiita ohjaustapoja, joilla ohjausta voi tehdä vaivattomammaksi ja valmistusta vähemmän kontrollia vaativaksi. *Työntö- tai imuohjaus tai näiden yhdistelmä* ovat esimerkkejä teoriasta löytyvistä ohjaustavoista. Suurimmat erot eri ohjaustavoissa ovat valmistuksen aloituksen määräävä tekijä ja materiaalin eteneminen tuotannossa vaiheelta toiselle.

Työntöohjauksessa valmistettavalle osalle tai tuotteelle annetaan toimituspäivämäärä, josta osien saatavuutta ja valmistusaikoja hyväksi käyttäen päätetään aloituspäivämäärät, jolloin osat voidaan vapauttaa tuotantoon ja tuotteen valmistus aloittaa. Aloituksen jälkeen materiaali työnnetään valmistusvaiheiden läpi mahdollisimman nopeasti miettimättä ohjausta tai muita vapautettuja töitä sen enempää, eli työntöohjauksessa *kontrolloidaan ainoastaan töiden aloituksia*. (Bulfin & Sipper 1997, s. 533.) Työntöohjattu tuotantoprosessi ei ole kovin joustava, koska materiaalien kulku ei ole hallinnassa.

Imuohjauksessa *työt vapautetaan tuotantoon tuotantoprosessin tilasta riippuvaisena, ja materiaali siirtyy vaiheelta toiselle vasta, kun edellä oleva työ on pois seuraavalta vaiheelta*. Tuotantoon ei lähde töitä, jos kaikki valmistusvaiheet ovat täynnä. Imuimpulssi, eli käsky valmistaa tuote tai sen osia, tulee vahvistetusta tilauksesta tai tuotannonohjausjärjestelmästä, kun varastosaldot menevät liian alhaisiksi. Ensimmäisestä käytetään nimitystä tilausohjattu tuotanto, jälkimmäisestä varasto-ohjattu tuotanto. Varastosaldoja voidaan tarkastella myös silmämääräisesti. Varasto-ohjattua systeemiä rajoittaa KETin (*keskeneräinen tuotanto*) sallittu määrä. Jos kaikki resurssit ovat käytössä ja KETin maksimi määrä saavutettu, valmistukseen ei lähde uusia töitä. (Hopp & Spearman 2000, luvut 10 ja 13). *Littlen laki* (Little 2011) on jonoteoriaan liittyvä ajattelu, jota voidaan soveltaa tuotantoprosessiin muodossa

$$\text{läpimenoaika} = \frac{\text{keskeneräisten osien määrä}}{\text{osan operointiaika keskimäärin}} .$$

Kaksi tuotannonohjaukseen ja keskeneräisen tuotannon minimointiin käytettyä ohjaustapaa ovat *Kanban* ja *CONWIP* (*constant work in progress*). Kanbanissa edelliseltä vaiheelta lähtee työ seuraavalle vaiheelle vasta, kun seuraava vaihe on saanut työnsä valmiiksi ja antaa luvan eli ojentaa kanbanin (työkortin) edelliselle vaiheelle. CONWIPissa on sama periaate, mutta työkortti ojennetaan ainoastaan viimeiseltä vaiheelta ensimmäiselle vaiheelle. Väliin jäävillä vaiheilla materiaali liikkuu vapaasti yhdeltä toiselle, kuten työntöohjauksessa. Kanban- ja CONWIP-ohjauksissa työkorttien määrällä säädetään

valmistettavien osien ja KETin määrää ja työ lähtee liikkeelle vain, jos sille on osoitettu työkortti. (Khojasteh-Ghamari 2008.)

Vaikka KET rajoittaa tuotantomääriä, siitä on myös hyötyä. Kun valmistukseen ei pääsetä tiettyä enempää materiaalia, *valmistuskustannukset pysyvät aisoissa*, ja samalla *vaihtelu vähenee*, kun on vähemmän vaihtelua aiheuttavaa tuotantoa. Viimeinen etu on *laadun säilyttäminen*. Kun tuotanto on rajoitettua, ei ole varaa tehdä väärin ja tuottaa virheellistä aikataulujen vuoksi, mutta samalla on vähemmän laaduntarkastusta vaativaa materiaalia. Rajoitettu tuotantoprosessi on lisäksi joustavampi, kuin rajoittamaton. (Hopp & Spearman 2000.)

2.1.2 Layout

Tehtaan layout on *resurssien eli osastojen, työpisteiden, varastojen sekä koneiden ja muiden laitteiden sijoittelu toisiinsa nähden*. Layout määrittää sen, miten materiaali liikkuu valmistuksessa resurssilta toiselle ja kuinka ihmiset liikkuvat suhteessa materiaaliin. Tuotantoprosessin yhteydessä liikkeistä käytetään nimityksiä materiaali- ja ihmisvirrat. Hyvä layout on *selkeä ja muutettavissa, mahdollistaa sujuvan työskentelyn ja lyhyet virrat, ei aiheuta haittaa tai vaaraa ihmisille ja käyttää tilan mahdollisimman tehokkaasti hyväksi*. (Chambers *et al.* 2007, s. 179.) Huono layout vaikuttaa valmistuksen tehokkuuteen ja valmistuskustannuksiin alentavasti. Layoutin toteutus vaatii suuren investoinnin ja toteutettu layout on pitkäikäinen, joten layoutsuunnittelussa virheisiin ei ole varaa ja kaikesta täytyy olla täysin varma, ennen kuin suunnitelma viedään toteutusvaiheeseen. Jos layoutia muutetaan, se tehdään tehokkuuden parantamiseksi, turvallisuusriskien poistamiseksi, uusien tuotteiden tai tuotemuutosten valmistamiseksi, tuotantomäärien kasvun takia, uusien koneiden, laitteiden tai valmistusmenetelmien hankinnan vuoksi tai jonkin ulkoa tulleen pakotteen sanelemana. (Stevenson 2007, luku 6.)

Layouteja on yhtä monta erilaista, kuin on yrityksiä, mutta layoutista on olemassa myös muutamia perustyyppisiä, joita voi käyttää suoraan tai mukaillen hyväksi, kun on luomassa uutta layoutia tai muuttamassa olemassa olevaa. Perustyyppit ovat *tuotelayout*, *funktionaalinen layout* ja *kiinteän paikan layout*. Näistä voi luoda erilaisia yhdistelmiä, ja yhden yhdistelmän, *solulayoutin*, käyttö onkin suosittua monessa valmistavassa firmassa, ja siksi yhdistelmä on saanut jopa oman nimen.

Tuotelayoutissa resurssit ovat perättäisessä järjestyksessä. ja tuote tai osa valmistuu kuljemalla näiden resurssien läpi vaiheelta toiselle. Siksi tuotelayoutista käytetään myös nimitystä *tuotantolinja*. Valmistuksen kohde saa ensimmäisellä resurssilla ensimmäisen muodon tai komponentin, ja kohteeseen tehdään tai liitetään seuraavilla resursseilla lisää muotoja tai osia. Eri vaiheet ja resurssien tekemät työt ovat nopeita, ja yksi resurssi lisää materiaalin arvoa vain hieman. Resurssit kuitenkin toistavat samaa tehtävää, jolloin oppimisen myötä (oppimiskäyrän mukaan (Henderson 1968)) tehtävien teko nopeutuu ja

resurssien tuottavuus paranee ajan myötä. (Stevenson 2007, s. 238-241). Toistotyö muuttuu kuitenkin usein epämiellyttäväksi. Linjatuoantanto on yleensä sarjatuoantantoa, ja yhdessä layoutissa valmistetaan vain yhdenlaista tuotetta tai osaa.

Funktionaalinen layout, tai *prosessilayout*, on koneiden ja laitteiden sijoittelua siten, että samankaltaisia operaatioita tekevät koneet ja laitteet ovat yhdessä työpisteessä tai -tilassa. Koska samassa paikassa voidaan tehdä komponentin tai tuotteen kaikki samantyyppiset vaiheet, ja tuote tai komponentti käy vain niillä työpisteillä, joita sen valmistus vaatii, valmistuksen tehokkuus paranee. (Chambers *et al.* 2007, s. 181-183.) Funktionaalinen layout käyttää myös tuotantotilan neliöt hyödyllisesti ja parantaa kommunikaatiota työntekijöiden välillä, koska resurssit on ryhmitelty. Negatiivisena puolena on se, että tämäkään layout ei poista toistotyön tuomaa mielenkiinnottomuutta.

Kiinteän paikan layoutissa valmistettava tuote tai komponentti pysyy samassa paikassa sen valmistuksen alusta loppuun saakka. Kiinteä paikka voi johtua esimerkiksi valmistuksen kohteen herkkyydestä tai suuresta koosta tai painosta. Resurssit ovat paikassa pysyvästi tai ne liikkuvat paikkaan, kun niille on siellä tarvetta. Useissa tilanteissa resursseja käytetään ainoastaan yhdessä kiinteässä paikassa ja kerran yhden tuotteen valmistuksessa, joten niiden tuottavuudet eivät ole korkeita. (Chambers *et al.* 2007, s. 180-181.) Henkilöresurssit sen sijaan saattavat olla monitaitoisia, ja yksi työntekijä voi osata tehdä erilaisia operaatioita.

Solulayoutissa valmistus on jaettu pieniin tehtaiden tapaisiin pisteisiin, soluihin. Soluryhmissä tehdään erilaisia valmistusvaiheita, mutta samankaltaisia tuotteita tai osia mahdollisimman pitkälle valmiiksi. Koska soluryhmistä löytyy kaikenlaisia valmistusvaiheita lähestä toisiaan ja valmiudet tehdä tuote raaka-aineesta lopputuotteeksi, valmiita tuotteita tai komponentteja saadaan valmistuksesta ulos nopealla tahdilla. (BusinessDictionary 2018.) On myös havaittavissa, että solussa on kaikkia kolmea edellä mainittua layouttyyppiä yhdistettynä. Joustava valmistusjärjestelmä on esimerkki automatisoidusta ja tehokkaasta valmistussolusta.

2.1.3 Tuotannon hankinnat

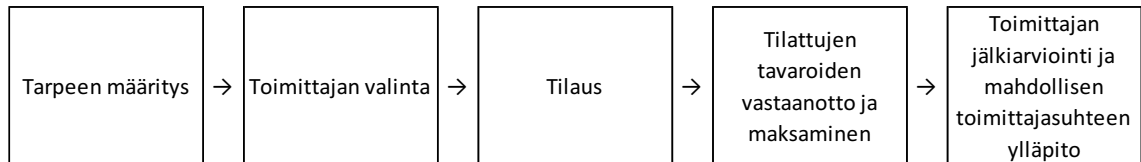
Hankinta on yrityksen *ulkopuolisten resurssien hankkimista yrityksen ja sen tuotantoprosessien tehokkaan toiminnan aikaansaamiseksi*. Hankinta ei ole tavallista ostamista, vaan sitä tehdään selvien hankintastrategioiden ja -sääntöjen mukaan. Hankinnoilla pyritään saavuttamaan yhteistyö toimittajien kanssa ja saamaan hyvää laatua halvalla. Hankinta voi olla muutakin, kuin materiaalien hankintaa. Se voi olla esimerkiksi muiden resurssien hankkimista materiaalin lisäksi, suhteiden hoitoa tai vaihtokauppojen tekoa. Materiaalin tai varastonhallinta kuuluu harvoin hankintaa tekeville henkilöille, vaikka he niihin liittyvätkin. Hankintojen rooli kasvaa koko ajan, sillä yhä suurempi osuus kustannuksista syntyy hankinnoista. Yksi yrityksen keskeisiä tehtäviä tulisi olla suhteiden luominen

kilpailukykyisiin toimittajiin toimitusketjun optimoimiseksi ja sujuvien ja kustannustehokkaiden tuotantoprosessien aikaansaamiseksi. (Weele 2010.)

Hankinnoilla pyritään *alentamaan omia operatiivisia kustannuksia, parantamaan laatua, lisäämään kapasiteettia, välttämään investointeja tai helpottamaan keskittymistä ydinosaamiseen*, jota ei haluta siirtää pois omasta tuotannosta. Näillä päämäärillä saadaan aika parempi asiakastyytyväisyys. Hankkimisesta voi aiheutua myös haittaa. Kun hankitaan, vähennetään oppimista omassa tuotannossa, hidastetaan laatuvirheisiin reagointia, menetetään osaamista, annetaan yrityksen tietoja ulkopuolisille, altistutaan kustannus- ja toimitusaikariskeille ja tullaan ulkopuolisista riippuvaiseksi. (Bengtsson & Dabhikar 2008.)

Oikea määrä, oikeaan aikaan ja oikealla laadulla ovat hankintaorganisaation kolme tärkeintä tavoitetta. Näiden varmistamiseksi hankinnan tulee olla jokaisen yrityksen funktion ja toimittajan kanssa yhteistyössä. Tuotannon läpimenoaikoja lyhennetään jatkuvasti ja laatua pyritään parantamaan, mikä tarkoittaa entistä enemmän tarkkaavaisuutta hankintoja tekeviltä henkilöiltä. Yritykset kuitenkin harvoin luovat hankinnalle omaa strategiaa, ja hankintoja tehdäänkin tavallisten ostojen tapaan kiireessä ilman harkintaa. Epävarmuudet poistetaan hankkimalla riittävästi toimittajia, mikä on passiivista käytöstä. JIT (*Just-in-Time*) -tuotannolla olisi mahdollista hallita hankintoja ja pitää samalla varastotasot alhaisena, mutta se vaatii suuria muutoksia tuotannossa ja hankinnan roolin kasvattamista firmassa. (Baily & Farmer 1990.)

Hankintaprosessi on hyvin itsestään selvä (kuva 5), mutta sisältää paljon työtä. Täysin uuden hankinnan (uusi hankittava osa tai palvelu) prosessi alkaa tarpeen syntymisestä ja tarpeen tarkemmasta määrittelystä. Kun tarve on selvillä, voidaan hankinnassa aloittaa toimittajien kartoitus. Kartoituksen ei tarvitse analysoida mahdollisia toimittajia perusteellisesti, vaan riittää, että sen aikana löydetään rajattu joukko, josta todennäköisesti valitaan tuleva toimittaja tai useampi. Rajattuun joukkoon kuuluville toimittajaehdokkaille lähetetään tarjouskysely, ja saatujen tarjousten, kuljetuskustannusten, laadun, osaamisen ja muiden kriteerien perusteella valitaan toimittaja(t). Valinnan jälkeen tehdään tilaus, arvioidaan toimittajan onnistuminen ja pidetään yllä toimittajasuhdetta, jos sen halutaan jatkuvan. Uuden toimittajan etsinnässä hankintaprosessi aloitetaan toisesta päävaiheesta ja uudelleentilaustilanteessa mennään suoraan tilausvaiheeseen. (Weele 2010, luku 2.)



Kuva 5. Hankintaprosessin päävaiheet.

Ulkoistaminen on osa tuottavan yrityksen hankintoja. Ulkoistaminen tarkoittaa sellaisten *operaatioiden, joita itse ei pystytä tai kannata tehdä, teettämistä ulkopuolisella taholla*. Ulkopuolinen taho voi itse suorittaa operaation tai voi toimia alihankkijana, eli itse edelleen ulkoistaa joitain operaatioita tai ne kaikki. Myyjiltä tai alihankkijoilta on usein tapana ostaa kokonaisia osia tai komponentteja tiettyjen operaatioiden sijaan. (Bengtsson & Dabhilkar 2008.)

Hankintojen kautta tulevien osien laatu ei saa poiketa millään tavalla itse valmistettujen osien laadusta, ja siksi toimittajien valinnassa täytyy olla erityisen tarkkana. Virheelliset hankinnat ovat hitaammin korvattavissa, kuin oma virheellinen tuotanto ja uusintahankinnoista aiheutuu palautuksia, uusien tilausten odottelua, turhia kustannuksia, mahdollisia läpimenoaikojen venymisiä, myöhästymisiä ja pahimmillaan virheellisiä lopputuotteita. Hankintojen laadun voi yrittää säilyttää tekemällä toimittajille säännöllisiä arviointoja, vähentämällä toimittajien määrää sekä luomalla toimittajia koskevan laaduntarkkailujärjestelmän. Huonoon laatuun voi valmistautua hankkimalla osat riittävän ajoissa tai pitämällä riittävän määrän osia, etenkin halvempia, koko ajan varastossa (varastonarvon kustannuksella). (Hopp & Spearman 2000, s. 398-402.)

2.1.4 Varastonhallinta

Varastolla tarkoitetaan *materiaalia, jota yritys pitää tehtaallaan valmiina käytettäväksi valmistuksessa tai lähetettäväksi ulos tehtaalta*. Varastoja on yleensä kolmenlaisia: raaka-aineet, keskeneräinen tuotanto sekä valmistuotteet. Valmiisiin tuotteisiin voidaan laskea myös varaosat, jos yritys niitä toimittaa. Raaka-aineet, kuten metallilevyt, putket, laudat tai betoni, ovat materiaalia, jota ei ole vielä työöstetty. Raaka-ainevarastoa pidetään, koska halutaan saada tuotteiden läpimenoaika mahdollisimman lyhyeksi ja osien valmistus heti aloitettua, kun tarve sitä vaatii, eikä haluta tuhlaa aikaa raaka-aineiden saapumiseen. (Hopp & Spearman 2000, s. 582-587.) Raaka-aineita kannattaa satunnaisesti ostaa säästönkin vuoksi valmiiksi varastoon, sillä aineiden hinnat saattavat tulevaisuudessa nousta (Stevenson 2007, s. 543).

Keskeneräistä tuotantoa ovat valmistusta jo kokeneet osat ja osakokoonpanot, joita käytetään myöhemmin valmistuksessa. KET toimii kapasiteetin täyttäjänä varmistamassa, että resurssien käyttöasteet ovat mahdollisimman korkealla. KETin toinen tehtävä on raaka-ainevaraston tapaan olla lyhentämässä läpimenoaikoja. Jos tuotannossa on vaihtelua tai häiriöitä tai varastonhallintaa ei tehdä yrityksessä järkevästi, keskeneräisen tuotannon määrä ja sitoutunut pääoma lähtevät nopeasti kasvuun. Valmistuotevarasto koostuu

lopputuotteista tai varaosista, jotka ovat valmiina lähtemään asiakkaalle. Varaston tarkoitus onkin auttaa nopeasti vastaamaan ennustettuun asiakastarpeeseen ja saamaan tuote asiakkaalle esimerkiksi valmistuksen seisokkitilanteissa. Asiakstarpeita ei tietenkään välttämättä ilmene, ja valmistuotevarastoon saattaakin jäädä myymättömiä tuotteita. (Hopp & Spearman 2000, s. 582-586.)

Materiaali ja sen käsittely ja muokkaus maksavat, joten varastoihin sitoutuu pääomaa. Tästä pääomasta puhutaan nimellä varastonarvo. Varastonarvo on tärkeä tunnusluku, koska sen lisäksi, että sen avulla pystytään seuraamaan varastointiin uponneita kustannuksia, sillä on vaikutusta yrityksen suhteellisen kannattavuuden tunnuslukuun ROI:hin (*return on investment*) (Banks 2010) eli sijoitetun pääoman tuottoprosenttiin. ROI lasketaan kaavalla

$$ROI - \% = 100 * \frac{\text{nettotulos} + \text{rahoituskulut} + \text{verot}(12 \text{ kk})}{\text{sijoitettu pääoma keskimäärin}}$$

Varaston arvo on siis yksi varastomääriä rajoittava tekijä. Toinen on varastoille varattu tai saatavissa oleva tila. Tehtaalla on työpisteitä, erilaisia koneita ja laitteita, kuljettimia sekä ihmisiä, ja siksi varastojen saama tila on rajallinen. Layoutia muuttamalla varastotilaa voi yrittää hankkia lisää.

Yrityksillä tulee lähes väistämättä eteen tilanteita, jolloin varastoa ei ole, vaikka sitä pitäisi olla. Tästä voi koitua toimitusaikojen pidentymistä, kun materiaalia joudutaan odottamaan saapuvaksi tai valmistuvaksi, tai tyytymättömiä asiakkaita, kun heille tehdyt lupaukset eivät pidä. Tyytymättömät asiakkaat voivat johtaa myyjän maineen alenemiseen ja menetettyihin asiakkaisiin. Liikavarastot taas sitovat ylimääräistä pääomaa, mutta parantavat toimitusvarmuutta ja asiakastyytyväisyyttä. (Stevenson 2007, luku 12.) Varastomääriä voi optimoida ja JIT-tuotantoon pyrkiä tekemällä varastohallinnasta osan ruutiineja ja firman jokapäiväisiä toimia.

Just-in-Time -tuotanto on *valmistuksen ja hankintojen koordinoimista siten, että varastomäärät pysyvät todella pieninä, teoriassa lähes nollassa, ja materiaali liikkuu sujuvasti valmistusvaiheelta toiselle eikä varastoidu työvaiheiden välillä*. Raaka-aineistakaan ei muodostu varastoa, vaan ne menevät suoraan käyttöön tehtaalle saavuttuaan. Tämä edellyttää, että tuotanto on katkeamatonta, ja että hankinnat saapuvat tehtaalle ajallaan. (Hopp & Spearman 2000, s. 588-589).

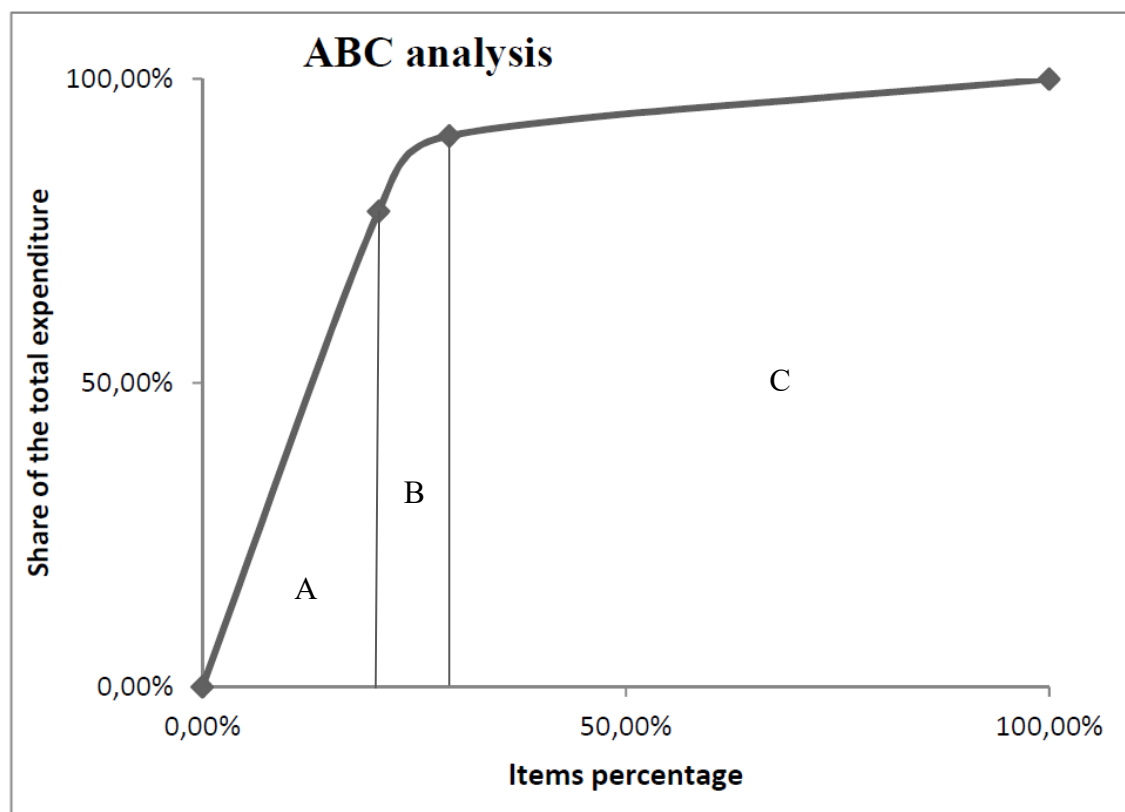
Onnistuneen varastohallinnan lähtökohtia ovat hyvät ennusteet tuotantomääristä ja järjestelmä, jonne tiedot varastoista on tallennettu. Onnistuneeseen varastohallintaan tarvitaan myös tietoa varastojen kulumisnopeuksista sekä kustannuksista. Varastohallinnan avulla on yksinkertaisesti tarkoitus selvittää, kuinka paljon tiettyä materiaalia tilataan ja milloin. (Stevenson 2007, luku 12.) Tarkalla aikataulutuksella, aikataulussa pysymisellä ja erinomaisella ennustamisella saadaan varastomäärät entistä optimaalisemmiksi (Hopp

& Spearman 2000, s. 587). Varastoitavien nimikkeiden luokittelua, kuten ABC:tä, voi käyttää apuna varastonhallinnassa.

ABC-luokittelu

ABC-luokittelu on *ABC-analyysillä saatava tietojen lajittelusysteemi*, jossa tieto, esimerkiksi yrityksen tuotannossa käytettävät nimikkeet, jaetaan kolmeen luokkaan (A, B ja C) halutun ominaisuuden perusteella (Kubanov *et al.* 2015, s. 33). Jaottelun perustana voi käyttää eri ominaisuuksia, esimerkiksi nimikkeisiin uppoavia vuosittaisia kustannuksia. Luokkia voi olla tilanteesta riippuen useampiakin. Lajittelu tehdään *Pareto-analyysin* perustuen: 20 % syistä aiheuttaa 80 % seurauksista tietyllä aikavälillä (Burcu *et al.* 2017). 80/20-sääntö on nähtävissä yrityksissä jo vuoden jälkeen ominaisuuden tarkastelun alettua.

Jos puhutaan kustannuksista, yrityksen osat, joista noin 20% aiheuttaa noin 80 % osien kokonaiskustannuksista, kuuluvat ryhmään A. B-ryhmään kuuluvat noin 30 % osista, jotka aiheuttavat noin 15 % kustannuksista. Viimeiseen, C-ryhmään kuuluvat loput, noin 50 % osista, joihin uppoaa vain noin 5 % vuosittaisista osakustannuksista. (Rusănescu 2014.) Prosenttiosuudet ovat suuntaa-antavia ja voivat vaihdella suurestikin, kuten kuvaan 1 liittyvässä analyysissä on käynyt.



Kuva 6. ABC-analyysin tulos kuvaajana (Kubanova et al. 2015, s. 38).

Kustannusten avulla tehdyn jaottelun perusteella voidaan tehdä päätelmä, että *eri ryhmien osilla on eri tärkeysasteet*, eivätkä esimerkiksi B- ja C-luokan osat vaadi yhtä tarkkaa huomiota, kuin A-luokkaan kuuluvat osat. Eri luokkien nimikkeitä täytyy myös hallita eri tavalla. Koska A-luokan osat ovat tärkeimpiä, niiden saldoista tulee pitää tarkimmin kirjaa. B-luokan osat ovat hieman tärkeitä, ja niitä kannattaa seurata melko tarkkaan. C-luokkaan kuuluvia osia ei tarvitse seurata kovin tarkasti. Osan luokka antaa suuntaa myös osan valmistuksen tai saatavuuden helppoudesta ja nopeudesta sekä varastoinnin kustannuksista. (Stevenson 2007, s. 548-549.) Kubanova et al. (2015, s. 38) mainitsevat, että tärkeimmät osat voidaan myös varastoida selkeimpään paikkaan.

Pelkät kustannukset eivät riitä tekemään nimikkeistä tärkeitä, vaan myös niiden saatavuudet toimittajilta tai nimikkeiden valmistuksien monimutkaisuudet vaikuttavat siihen, mihin luokkaan osat päätyvät. ABC-luokittelua voidaan hyödyntää myös varastonimikkeiden ennustamisessa apuna. Luokittelun perusteella voidaan karkeasti olettaa, että A-luokan osien menekien ennusteiden täytyy olla tarkimmat, B-luokan osien hieman tarkat ja C-luokan osien ei juurikaan tarkat. (Rusănescu 2014.)

2.1.5 Tuotantoprosessin seuranta ja laadunvarmistus

Tuotantoprosessin seuranta, laadun ja tehokkuuden mittaaminen sekä seuranta- ja mitaustulosten hyödyntäminen ovat elintärkeitä aktiviteetteja prosessin jatkuvan kehityksen sekä erinomaisuuden ylläpitämiseksi. Prosesseissa tapahtuu läpimenoajoissa ja laadussa

luonnollista vaihtelua, johon ei voi vaikuttaa, ja joka kontrolloimattomana alentaa laatua, lisää uudelleentekemistä, nostaa kustannuksia ja alentaa tuottavuutta. Jotta erinomainen ja alati kehittyvä tuotantoprosessi saavutetaan, seuranta ja laadunvarmistus täytyy tehdä oikealla tavalla ja riittävän tarkasti.

Tehokkuuden mittaaminen

Tuotantoprosessissa tehokkuudella tarkoitetaan *astetta, jolla resursseja hyödynnetään, tai aikaa, joka käytetään tuottavaan työhön kokonaistyöajasta*. Mitä vähemmän materiaalia menee hukkaan, sitä parempi materiaalin hyödyntämisprosentti. Mitä enemmän koneita käytetään, sitä parempi koneiden käyttöaste. Mitä vähemmän aikaa kulutetaan muuhun, kuin virheettömään valmistukseen, sitä parempi työntekijän tuottavuus. Tehokkuutta voi mitata monella eri tavalla, mutta tärkeintä on löytää edes muutama eri tehokkuusmittari, joita hyödyntää tuotantoprosessin optimointiin. *Kustannustehokkuus, läpimenoajat, tuottavuus ja toimitusvarmuus* ovat todennäköisesti eniten käytetyt mittarit tuotantoa harjoittavassa firmassa. Myös joustavuudesta on tullut yksi yleinen mittauksen kohde. (Maskell 1991, s. 22.)

Jos tuotantoprosessin mittaamisesta haluaa saada kaiken hyödyn irti, täytyy prosessille kehittää oma mittaussysteeminsä. Mittaussysteemissä täytyy ottaa huomioon kaksi asiaa: mittarit, jolla systeemi mittaa, sekä laajuus, jolla tuotantoprosessia mitataan. Mittareiden täytyy mitata asioita, joiden tilaa parantamalla tuotantoprosessi paranee, eli mittaussysteemiin sisällytetyt mittarit on valittu seuraten yrityksen tuotantostrategiaa. Tuotantostrategia perustuu asiakastarpeiden täyttämiseen ja hyvään asiakastytytyväisyyteen, joten mittaussysteemi luodaan pitkälti markkinoiden sanelemana. (Beamon 1999.) Maskell (1991, s. 19) lisää, että mittaussysteemin tulee olla yksinkertainen ja helppokäyttöinen, tuotantoprosessia kehittymään pakottava ja ajan myötä tuotantoprosessin mukana muuttuva.

Laadunhallinta

Lähes jokainen on kuullut sanan laatu jossain yhteydessä ja käyttänyt sanaa ja ymmärtää mitä laatu on, mutta ei osaa selittää sitä. Laatu esiintyy tuotteissa ja palveluissa ja on yleisesti *tuotteen tai palvelun kyky vastata lupauten ja maksetun hinnan asettamiin odotuksiin*. Toisen määritelmän mukaan laatu on *arvo, jonka koemme tuotteella tai palvelulla olevan hintaansa nähden*. Jälkimmäinen määritelmä sisältää konkreettisen tuotteen tai palvelun ominaisuuksien kokemisen lisäksi toimittajan kyvyn pitää lupaukset ja sovitut toimitus- tai palveluajat. *Suorituskyky, ominaisuuksien löytyminen, luotettavuus ja turvallisuus* ovat laadusta kertovia käsitteitä. Jokainen kokee laadun omalla tavallaan johtuen esimerkiksi tottumuksista tai varallisuudesta. (Kenyon & Sen 2014.)

Asiakasvaatimusten täyttäminen on vaikeaa ja turhauttavaa, mutta tärkeää. Tärkeys pakottaa keskittymään hyvän laadun tuottamiseen, mikä puolestaan tarkoittaa asiakastarpei-

den ja -odotusten ymmärtämistä ja laadunhallintaa. Laadunhallinta on vaihtelun vähentämistä ja tuotteen tai palvelun laatua ylläpitävien ja parantavien toimien toteuttamista tuotantoprosessin sisällä (Kenyon & Sen 2014, s. 3). Toimien ei tarvitse olla erikoisia, ja riittää, kun tuotannossa (Hopp & Spearman 2000, luku 12):

- keskitytään virheiden määrän minimoimiseen
- tehdään riittävästi säännöllisiä ja kattavia tarkastuksia osille ja laitteille ja hyödynnetään laatutarkastusten tuloksia
- rajoitetaan keskeneräisen tuotannon määrää
- käytetään hyvää laatua suunnannäyttäjänä.

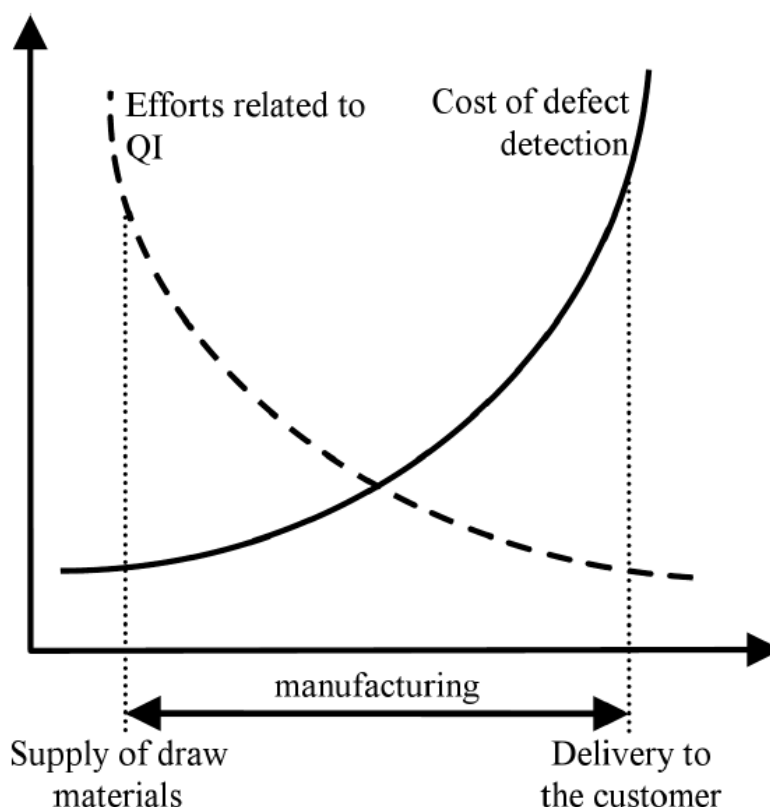
Osilla ja tuotteilla on kaksi ominaisuutta: *ulkonäkö* ja *käyttötarkoitus*. Ulkonäköön ja käyttötarkoitukseen liittyvät laatuvirheet havaitaan tuotteen tarkastuksen aikana. Tarkastuksessa löytyneiden virheiden perusteella tehdään muutoksia tuotteen ominaisuuksiin tai tuotantoprosessiin, jossa tuote valmistetaan. Tarkastussysteemin tarkkuus kertoo prosessin kyvykkyydestä löytää hyvä tai huono laatu. Kaikkea mahdollista ei pidä mitata, koska tarkastaminenkin maksaa, vaan osista ja tuotteista täytyy valita tarkastuksiin kohteet, joilla on suurin merkitys asiakkaalle. (Stevenson 2007, s. 448-452.) Testauskin on yksi tarkastuksen laji, mutta sen pitäisi kuulua tuotantoprosessiin ainoastaan lopputuotteiden hienosäädön vuoksi. Nykyään on mahdollista automatisoida tarkastuksia, ja automaattiset tarkastukset ovatkin kehittyneiden sensoreiden vuoksi nopeampia ja kustannustehokkaampia, kuin manuaaliset. Manuaaliset, ihmisen tekemät tarkastukset ovat puolestaan tarkempia, kuin automaattiset. (Groover 2008, s. 653-655.)

Laadunhallintaan on olemassa apuvälineitä ja -menetelmiä. Statistinen laadunhallinta keskittyy nimensä mukaisesti tutkimaan laatumittaustuloksia ja vertaamaan tuloksia sallittuihin arvoihin. Vertailua voi tehdä esimerkiksi erilaisten jakaumien avulla, joissa on määritetty rajat, joiden sisään mittaustuloksen täytyy osua, jotta mittaustulos on hyväksyttävä. (Hopp & Spearman 2000, s. 385-389.) *Six Sigma* on joukko laadunhallintatekniikoita, joilla on kaikilla päämääränä saada tuotantoprosessi mahdollisimman lähelle täydellisyyttä. Sigmatasoja on kuusi, ja kuudennen tason saavuttaa tuotantoprosessissa, kun lopputuotteista ainoastaan 3,4 tuotetta miljoonasta on viallisia (taulukko 2). Täydellisyyttä ei ole pakko hakea koko prosessista, vaan Six Sigmaa voi käyttää myös yksittäisille valmistusvaiheille. QFD (*quality functional deployment*) -tekniikka yrittää saada laadun kuntoon, ennen kuin tuotetta on alettu edes suunnitella. TQM (*total quality management*) on pyrkimys saada laatu koko organisaation kattavaksi voimaksi, joka kehittää organisaatiota sekä sen tuotteita ja prosesseja pitääkseen asiakastytytyväisyyden korkeana taukoamatta uutta haluavien asiakkaiden keskuudessa. (Bank 2000.)

Taulukko 2. *Sigmatasoja vastaavat viallisten määrät.*

Sigmataso	Viallisia per miljoona tarkastusta
1	690 000
2	308 537
3	66 807
4	6 210
5	233
6	3,4

Tarkastuksilla pyritään eliminoimaan valmistettujen osien tai tuotteiden joukosta ne, jotka eivät täytä laatuvaatimuksia. Täytyy muistaa, että tarkastukset eivät ole ennakoivia, eli jälkeinpäin tehty tarkastus ei poista syntynyttä laatuvirhettä. Siksi tarvitaan myös ennaltaehkäiseviä toimenpiteitä, kuten tuotantoprosessin mittausta ja hienosäätöä ja laitteiden huoltoa. (Borkowski & Knop 2016). Mitä aikaisemmin virhe havaitaan, sitä vähemmän sen korjaaminen vie aikaa ja rahaa, kuten kuvassa 7 on esitetty.



Kuva 7. Mahdollisuus vaikuttaa laatuun vs. laatuvirheen aiheuttaman lisäkustannukset (Borkowski & Knop 2016, s. 15).

Laatuongelmista johtuvat korjaukset tuotteisiin nostavat kapasiteettitarvetta ja aiheuttavat ongelmia, jos kaikki kapasiteetti on jo ennen ongelmien esiintymistä käytössä. Korjaukset aiheuttavat myös ylimääräisiä kustannuksia ja pidentävät läpimenoaika korjattavalla tuotteella ja muilla tuotteilla, jotka menevät saman tuotantoprosessin läpi. Tiukat toimitusajat vaativat laatuvirhetilanteissa usein turvautumista ulkopuoliseen valmistajaan. (Hopp & Spearman 2000, s. 389-398.)

Laatu on tärkein menestystekijä ja kustannusten alentaja organisaatioissa. Hyvä laatu saa asiakkaat ostamaan uudelleen yrityksen tuotteita ja houkuttelee uusia asiakkaita. Johdon täytyy työntekijöiden avustuksella juurruttaa laadukas tuottaminen firmansa tuotantoon ja tehdä laadunhallinnasta huomaamaton osa tuotantoprosessejaan. Laadunhallinnan käyttöönotto ja hyödyntäminen vaativat sijoituksia, mutta maksavat itsensä ajan kuluessa takaisin, kun riittävästi laatuvirheitä on estetty. Parhaiten virheet saa estettyä pyrkimällä *nollavirhetuotantoon*. Se pakottaa jatkuvaan tuotantoprosessin ja tuotteiden tarkkailuun, optimointiin ja kehittämiseen, jotka ennaltaehkäisevät tulevaisuuden laatuvirheitä ja parantavat yrityksen toimintaa. (Bank 2000.) Laatu vaihtelee pienten tekijöiden summana ja yksikään mittaustulos ei ole täysin sama, kuin toinen. Kaikkea vaihtelua ei voi poistaa, mutta sitä voi vähentää, ja siksi laadunhallinta on todella tärkeä elementti tuottavissa firmoissa.

2.2 Lean-ajattelu osana tuotantoprosesseja

Lean-ajattelu (yleisemmin pelkkä lean) on tuotannossa syntyvän *hukan poistamiseen keskittyvä menetelmä*. Hukkaa vähentämällä *alennetaan kustannuksia, parannetaan tuotantoprosessin tuottavuutta ja laatua, saadaan prosessiin joustavuutta ja parannetaan asiakasarvoa*. Samalla yrityksessä saadaan aikaan *alhainen varastotaso, jatkuvan parantamisen kulttuuri, parempi työskentelytarkkuus ja nopeampi reagointi vaihteluun*. Seitsemän hukkalajin (*Muda*) lisäksi lean huomioi työn raskauden aiheuttaman hukan (*Muri*) sekä kuormituksen epätasaisuuden aiheuttaman hukan (*Mura*). (Santos *et al.* 2006, luku 1.) Lean pohjautuu japanilaisen Taiichi Ōnon kehittämään TPS (*Toyota Production System*) -ajatteluun, jolla Toyotan tuotannossa saatiin aikaan minimivarastot, alhaiset kustannukset ja hyvä laatu hukan poistamiseen keskittymällä, ja samalla pidettiin toimitusvarmuus huipussaan (Wilson 2015, s. 136).

Seitsemän alkuperäistä hukan lajia ovat *materiaalin turha kuljetus, keskeneräinen tuotanto, ihmisten tai laitteiden turha liike, turha odottelu, ylituotanto, huonosta tuotesuunnittelusta tai työmenetelmistä johtuva ylimääräistä vaivaa tarvitseva tekeminen sekä virheiden korjaukset*. Uusiksi hukan typeiksi ovat viime aikoina muodostuneet käyttämättömän kapasiteetti sekä hyödyntämätön osaaminen. Leanin käyttöönottoa ja käyttöä voi tehostaa erilaisilla työkaluilla (taulukko 5), mutta työkalut yksin ilman muutoksia yrityskulttuurissa eivät tee yrityksestä leanin mukaan toimivaa. (Bhasin 2015.) Kobayashi (Santos *et al.* 2006, s. 10) on esittänyt oman menetelmänsä leanin rinnalle tai vaihtoehtoksi sille. Menetelmä on *20 keinoa työpaikan parantamiseksi* ja nimensä mukaisesti se ehdottaa 20:tä tapaa, joilla yritys voi tehostaa toimintaansa. Menetelmä on systemaattisempi, kuin lean, eikä vaadi yhtä laajoja ajattelutapojen muutoksia firman sisällä.

Leanista saa suurimman hyödyn, kun toimitusketjun kaikki osapuolet toimivat sen mukaan. Yritykset voivat nopeuttaa leanin käytön aloittamista ottamalla käyttöön solulayoutin, tarkkailemalla keskeneräistä tuotantoa, käyttämällä laadunhallintaa sekä jatkuvaa kehittämistä ja tutkimalla ihmis- ja materiaalivirtoja tuotantoprosesseissa. Nämäkään eivät takaa leanin käytön onnistumista, sillä jokainen yritys on uniikki ja toimii uniikilla tavalla, eikä kaikille yrityksille sovi tällainen ajattelu. Lean saatetaan myös ymmärtää väärin. Sitä saatetaan pitää ainoastaan keinona alentaa kustannuksia, ei mullistavana filosofiana, jota se todellisuudessa on. (Bhasin 2015.)

2.3 Digitaalisuus tuotannossa

Tiedemiehillä on aina ollut ajatus ihmisten ja laitteiden yhdistämisestä digitaalisesti verkkojen välityksellä sekä arkipäiväisen elämän helpottamisesta kodeissa ja yrityksissä. Internet, joka on saavuttanut lähes jokaisen maailman kolkkan, on vuosikymmeninä kehittänyt yksinkertaisesta tietolähteestä maailmanlaajuiseksi verkostoksi, joka mahdollistaa nettishoppailun, sosiaalisen median käytön, koneiden etähallinnan ja paljon muuta. Kuluttajamaailmassa internetin käyttö keskittyykin pääosin ostosten tekemiseen, musiikin

kuunteluun sekä yhteydenpitoon. Sen sijaan yritysmaailmassa internetin hyödyntäminen on viety uudelle tasolle IoT:n (*Internet of Things*) muodossa.

Käsite ”Internet of Things”, joka suomennetaan *esineiden internetiksi*, on enemmän tai vähemmän älykkäiden laitteiden luoma kokonaisuus, jossa *laitteet internetin avulla keräävät tietoa ja keskustelevat keskenään ja ihmisten kanssa tehden päivittäisistä operaatioista tehokkaampia sekä ihmisten toiminnasta ja laitteiden käytöstä sujuvampaa* (Vinel *et al.* 2012). Laitteet voivat olla yrityksen myymiä tuotteita tai sen käyttämiä koneita, esimerkiksi koneistuskeskuksia. Tuotteiden keräämä data auttaa parantamaan niiden käyttökokemusta ja suunnittelemaan tuotteista optimoidumpia ja sellaisia, kuin ihmiset haluavat. Tuotantokoneiden ja tuotteiden keräämällä datalla firma voi parantaa ja kehittää tuotantoprosessejaan ja valmistustaan nopeammaksi ja kustannustehokkaammaksi. Laitteilta puuttuu virheiden mahdollisuus, mikä tekee niiden mittauksista luotettavampia, kuin ihmisten. (Rudman & Sexton 2016.) Kerätyn tiedon avulla virheisiin osataan varautua jo ennen niiden tapahtumista, ja kun kaikki tiedon kerääminen ja välitys tapahtuvat pilvessä, tallennuskapasiteetti datalle on käytännössä rajaton (Iansiti & Lakhani 2014).

Digitaalisuus saa enenevässä määrin jalansijaa yrityksissä. Internet ja IoT mahdollistavat tuotantoprosessien ja tuotteiden etähallinnan ja -mittaamisen sekä yhdistävät yrityksen muut toiminnot tuotantoon. Parhaimmillaan koko yhtiö voidaan tuoda saman hallintajärjestelmän alle ja voidaan tehdä jatkuvaa kokonaisanalyysiä yrityksestä ja kehittää sen toimintaa vastaamaan paremmin strategiaa. (Iansiti & Lakhani 2014.) Hallintajärjestelmän avulla myös johto pystyy paremmin seuraamaan firman päivittäistä toimintaa. Digitaalisuus todennäköisesti lisääntyy tulevaisuudessa, ja sitä tullaan käyttämään 3D-valmistuksessa sekä digitaalisessa yrityksenhallinnassa. Jälkimmäisen avulla firmoista ja tehtaista tulee itseohjautuvia ja -oppivia. (Zhou 2013, s. 6.) Digitaalisuus tulee muuttamaan arvoketjuja sekä arvontuottoa ja tulevaisuudessa markkinoilla tapahtuviin vaihteluihin pystytään reagoimaan salamannopeasti. Lisäksi valmistustyöntekijöiden tarve vähenee ja IT-osaajien määrä lisääntyy, kun digitaalisuus kasvattaa suosiotaan. (Iansiti & Lakhani 2014, s. 95).

Edelliset ennusteet voidaan antaa myös valmistettaville tuotteille. Mekaniikka vaihtuu sähköön, ja tuotteet voidaan suunnitella tulevaisuudessa digitaalisuuden avulla virheettömiksi ja ensimmäisellä kerralla oikein simulointien, valmiiden mallien ja tietokantojen avulla. Myös laitteiden digitaalinen testaus lisääntyy virtuaalitodellisuuden yleistymisen myötä. (Zhou 2013.) Asiakastuotteiden etähallinta tulee mahdolliseksi internetin, sensoreiden ja laiteälykkyyden kautta, eikä huoltomiestä tarvita enää niin usein paikan päälle korjaamaan laitevikoja (Iansiti & Lakhani 2014, s. 92). Digitaaliajan tavoitelluin asia nykyajan tiedoilla on tekoäly (Carty 2017). Se tekee laitteista itseajattelevia ja -oppivia, eikä ihmistä tarvita enää muuhun, kuin laitteissa ilmenevien fyysisten ongelmien korjaamiseen, jos niihinkään.

Yksinkertaistettuna digitaalisuus on datan keräämistä, säilömistä ja hyödyntämistä yrityksissä tuotekehityksestä tuotannon kautta jälkimarkkinointiin. Kun dataa on kerätty ja tallennettu säännöllisesti, sitä voidaan käyttää historiatietona ja apuna kehitystyössä ja ongelmatilanteissa. Datan kerääminen on ollut aina mahdollista, mutta digitaalisuus tekee sen jakamisesta ja levittämisestä helppoa. Nämä lisäävät kilpailua, mutta mahdollistavat myös syvemmän yhteistyön yritysten välillä, kun kerätty tieto on jaettavuuden lisäksi tarkempaa, kuin analogisena aikana. (Brodersen *et al.* 2017.)

3. TUOTANTOPROSESSIN KEHITTÄMISEN PROSESSI

Tuotantoprosessin kehittäminen on pahimmillaan monimutkainen ja laaja prosessi, mutta yksinkertaisesti selitettynä se on olemassa olevan prosessin muuttamista sellaiseksi, että prosessin *kustannustehokkuus* tai *laatutaso nousevat*, se *mahdollistaa kilpailussa mukana pysymisen*, kun markkinat muuttuvat, sen avulla *saavutetaan kasvua* tai *saadaan tuotettua uutta tai päivitettyä* tuotetta. Asiakasta ei saa tietenkään missään vaiheessa tuotantoprosessin kehitystä unohtaa (Skinner 1969, s. 141). Tuotemuutos tai tuotantomäärien kasvu ovat yleisimmät syyt sille, miksi tuotantoprosessia lähdetään muuttamaan. (Bellgran & Säfsten 2010, luku 1.) Viime vuosikymmeninä myös internetin yleistymisen on pakottanut yritykset muuttamaan prosessejaan ja tapojaan tehdä asioita.

Tuotantoprosessin kehitys voi tarkoittaa kokonaan uuden prosessin luomista tai olemassa olevan parantelua tai esimerkiksi vain pienen prosessin osan päivittämistä. Yleensä säästösyistä onkin järkevää keskittyä vain niihin prosessin osiin, jotka oikeasti tarvitsevat kehittämistä. (Harmon & Peterson 1990, s. 239). Tuotantoprosessi voidaan ideoida alusta alkaen itse, mutta myös valmiiden mallien ja ulkopuolisen avun käyttö kehityksessä on yleistä. Ulkopuolisesta avusta pääsee eroon, kun kehitys on ohi, joten investointi apuun on kertaluontoinen (Harmon & Peterson 1990, s. 243-244). Joskus impulssi kehittämiseksi voi tulla myös yrityksen ulkopuolelta. Esimerkiksi lainsäädännöt saattavat pakottaa firman muuttamaan toimintaansa, mistä aiheutuu muutoksia tuotantojärjestelmään. Toisaalta käytettävä tuotantoprosessi voi olla pakotettu muotoonsa, koska valmistettavat tuotteet pystytään tekemään vain tietyllä tavalla. (Bellgran & Säfsten 2010.)

Sai tuotantoprosessin kehitys alkunsa mistä tahansa, *tavoitteena sillä on saada aikaan ympäristön mukaan muuntautuva tuotantoprosessi*, jota ei tarvitse uusia, vaikka markkinat hieman muuttuisivatkin. Casadesus *et al.* (2008, s. 533) kertovat, että uuden prosessin tulisi lyhentää läpimenoaikoja ja lisätä tuotannon joustavuutta, ja näiden kautta parantaa tuottavuutta. Johdon tuki ja riittävä rahoitus ovat elintärkeitä tavoitteiden saavuttamiseksi. Toiset ovat sitä mieltä, että johdon tuki on lähes tarpeeton, sillä johtajilla on tapana keskittyä liikaa kokonaistuottavuuteen tai tehokkuuteen ja kehittää prosessia ainoastaan hankkimalla uudet koneet ja menetelmät (Skinner 1969, s. 139). Tuotantoprosessin kehitys, minkä tahansa muun kehitysprosessin tapaan, jakautuu neljään osaan: *nykytila-analyysiin, suunnitteluun, toteutukseen ja arviointiin*. (Bellgran & Säfsten 2010, luku 5.)

Nykytila-analyysi

Nykytila-analyysin tekeminen luonnehditaan helposti yksinkertaiseksi tehtäväksi, jossa vain kartoitetaan yrityksen tarjoama pohja uudelle tai päivitetylle tuotantoprosessille. Mutta näin asia ei ole, vaan jo nykytila-analyysivaiheessa täytyy olla tiedossa mihin asioihin kiinnittää nykyisissä tavoissa ja menetelmissä huomiota. Huomionarvoiset asiat perustuvat kehityksen tuloksena syntyvän tuotantoprosessin tavoiteltuihin ominaisuuksiin. (Bellgran & Säfsten 2010, luku 7.) Nykytila-analyysin yhteydessä ja jälkeen voi tehdä kehitystyötä koskevaa kustannuslaskentaa sekä arvioida karkeasti kehityksen tuomia rahallisia hyötyjä (Harmon & Peterson 1990, s. 246).

Jos uutta tuotantoprosessia lähdetään kehittämään uusien tuotteiden vuoksi, tuotteiden tulevat rakenteet ja valmistustiedot (missä järjestyksessä tehdään, millä tavoilla tehdään jne.) pitää olla tiedossa riittävän aikaisessa vaiheessa (Bremer *et al.* 2015). Alusta asti on tärkeää vertailla vanhaa ja uutta, jotta varmasti löydetään nykyisestä tuotantoprosessista kaikki tärkeimmät tekijät, joiden avulla saavutetaan oikea lähtökohta halutun lopputuloksen suunnittelulle. Mitä laajempi nykytilan tutkimus, sitä enemmän lähtötietoa, ja sitä täydellisempi suunnitelma ja kehitetty tuotantoprosessi. Tapauksissa, joissa tuotantoprosessin kehittämällä pyritään muuttamaan yrityksen suuntaa, tehdään myös yrityksen strategiseen puoleen liittyviä tarkasteluja ja arviointeja. (Bellgran & Säfsten 2010, luku 7.)

Suunnittelu

Tuotantoprosessin suunnittelu on prosessi, jossa tuotannon ongelmiin etsitään ratkaisut, ja niiden avulla luodaan yksi tai useampi yritystä tuotantotavoitteiden saavuttamisessa auttava tuotantoprosessivaihtoehto. Vaihtoehtoista valitaan lopuksi paras, jota lähdetään toteuttamaan. Jokaisessa vaihtoehdossa on omat erityispiirteensä, joten valinta ei ole helppo, ja aina jää joitain hyviä puolia saamatta. Globaalissa maailmassa, jossa kilpailu on kovaa ja häikäilemätöntä, tuotantoprosessia suunnitellessa kannattaa pitää mielessä lähi- ja kaukotulevaisuus, prosessin kopioitavuus sekä tuotantoprosessin siirreltävyys muihin tehtaisiin. Prosessin yksi tärkeimmistä tavoitteista on loppujen lopuksi päihittää kilpailijat (Harmon & Peterson 1990, s. 243). Prosessivaihtoehtoja voi yhdistellä, mutta järkevää on pitää lopullinen versio mahdollisimman yksinkertaisena, sillä monimutkaiset prosessit tarkoittavat monimutkaista valmistusta ja erityisesti monimutkaisia työstöjä. Myös materiaalin ja tiedon kulkeutumisesta sekä ihmisten liikkeet kannattaa minimoida uudessa tuotantoprosessissa. Simuloinneista ja piirroksista on prosessin suunnittelussa hyötyä. (Bellgran & Säfsten 2010, luku 8.) Taulukossa 3 on esitetty tuotantoprosessin kehitykseen sisältyviä olennaisia pohdinnanaiheita.

Taulukko 3. *Tuotantoprosessin suunnittelun jako (Bellgran & Säfsten 2010, s. 56).*

Decision category	Questions to answer (examples)
Production process	<i>Process type, layout, technical level</i>
Capacity	<i>Amount, acquisition point</i>
Facility	<i>Localisation, focus</i>
Vertical integration	<i>Direction, degree, relation</i>
Quality	<i>Definition, role, responsibility, control</i>
Organisation and human resources	<i>Structure, responsibility, competence</i>
Production planning and control	<i>Choice of system, capacity in stock</i>

Tuotantoprosessin kehityksen lopputulos riippuu aina sen kehittäjistä. Jokaisella ihmisellä on uniikit mielipiteensä, ja saavutettu prosessi sisältää kehittäjien mielipiteiden perusteella tehtyjä valintoja, vaikka prosessi seuraisikin yrityksen tuotanto- ja bisnesstrategioita. Lopulliseen prosessiratkaisuun vaikuttavat myös yrityskulttuuri, joka tulevan tuotantoprosessin ympärillä vallitsee, ja kehittäjien ammattitaito sekä kiinnostus tehdä kehitystä. Kehittäjien mielipiteiden lisäksi yrityksen vahvuuksia ja heikkouksia on tärkeää käyttää hyväksi tuotantoprosessia luodessa tai päivitettäessä. (Bellgran & Säfsten 2010, luku 4.)

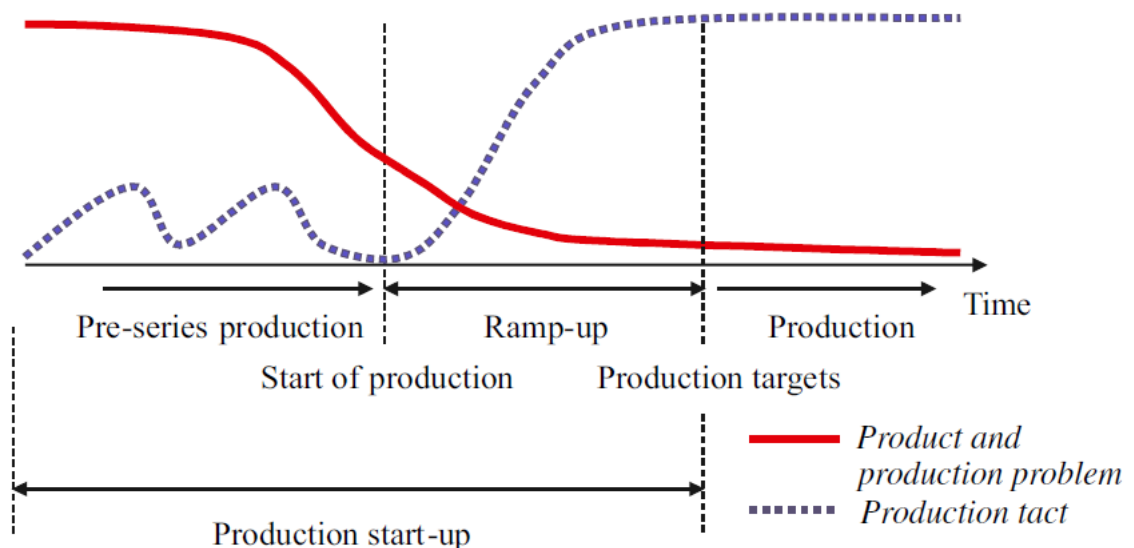
Suunnittelu on enemmän tai vähemmän systemaattinen prosessi, ja myös tuotantoprosessia suunniteltaessa voi seurata tiettyä kaavaa tai mallia. Systemaattisesti toimiessa ei tarvitse käyttää aikaa suunnitteluprosessin rakenteeseen, vaan voi keskittyä ainoastaan suunnitteluun. Langat myös pysyvät paremmin käsissä, kun tekee asioita järjestelmällisesti. Teollisuuden kehitysprosesseissa onkin tapana luoda heti suunnittelun alussa muutamia tuotantoprosessikonsepteja, joita lähdetään viemään eteenpäin, ja joista löytyy kehitystyön lopuksi se yksi toteutukseen valittava konsepti (Stoffels & Vielhaber 2014). Suunnitteluprosessimallien yhteydessä apuna voi käyttää erilaisia ohjelmia ja menetelmiä, kuten simulointeja. Apuohjelmien ja kehitysmenetelmien ansiosta tuotantoprosessin puutteet nähdään jo suunnitteluvaiheessa, ja uuden prosessin käyttöönotosta tulee nopeampaa. (Bellgran & Säfsten 2010, luku 6.)

Toteutus

Toteutusvaiheessa suunnitellulle tuotantoprosessille annetaan fyysinen olemus. Vaikka uusi prosessi on suunniteltu alusta loppuun huolella, toteutus voi silti mennä pieleen ja ajaa yrityksen pohjamutiin (Alvarado & García 2012). Siksi toteutusta ei pidä viedä kerralla koko tuotantoprosessiin, vaan kannattaa edetä järjestelmällisesti pieni osa prosessia kerrallaan parantaen, ja siten testata suunnitelman toimimista. (Harmon & Peterson 1990, s. 237). Toteutuskin suunnitellaan, ja sitä varten tehdään firman tuotannossa valmisteluja. Prosessia varten hankitaan tarvittavat resurssit, kirjoitetaan toimittajien kanssa hankinta-

sopimukset ja tehdään tuotannossa järjestelyjä. Lisäksi henkilöitä koulutetaan, jos kehitetty tuotantoprosessi sitä vaatii. Toteutusta varten voidaan perustaa tiimi, jotta taataan sujuva kommunikointi ja prosessin käyttöönotto. Myös johto voi omalta osaltaan auttaa toteutuksessa. Tuotantoprosessin käytäntöön panoa voi helpottaa ulkoistamalla se osittain tai kokonaan. (Bellgran & Säfsten 2010, luku 9.)

Muutokset voi tuoda tuotantoon kahdella tavalla: pysäyttämällä vanha tuotantoprosessi ja ottamalla uusi käyttöön tai ottamalla uusi prosessi käyttöön vanhan edelleen toimiessa. Ensimmäisessä tavassa hävitään rahaa, kun mitään ei valmistu uuden tuotantoprosessin käyttöönoton aikana, mutta siinä päästään suoraan käyttämään uutta prosessia ilman päällekkäisyyksiä vanhan kanssa. Jälkimmäisessä tavassa tuotanto pyörii koko ajan, mutta uuden prosessin käyttöönotto on hitaampaa, kun muutokset tuodaan tuotantoon pikkuhiljaa. Lisäksi vanha ja uusi päällekkäin aiheuttaa sekaannusta. Suurimmat ongelmat tuotantoprosessin käyttöönotossa syntyvät erityisosaamista tarvitsevista asennuksista, laite- ja varustetoimittajien myöhästelyistä sekä rahoituksen puutteesta (Alvarado & García 2012). Mitä nopeammin uusi tuotantoprosessi on käytössä, sitä nopeammin uudet menetelmät on opittu, uudet tuotteet ovat markkinoilla ja uuden prosessin ongelmat on havaittu. Myöhään havaitut ongelmat ovat vaikeammin korjattavissa, kuin aikaisin havaitut, ja niiden korjaaminen on kalliimpaa, kuin aikaisin havaittujen. Kuvassa 8 nähdään ongelmien määrän suhde varsinaiseen tuotantoon käyttöönoton aikana. (Bellgran & Säfsten 2010, luku 9.)



Kuva 8. Tuotannon ongelmat vs. tuottaminen tuotantoprosessin käyttöönoton aikana ja tuotannon alun jälkeen (Bellgran & Säfsten 2010, s. 235).

Kehitettävän tuotantoprosessin seuranta

Kehitetyn tuotantoprosessin tarkastelu, arviointi ja mittaaminen ovat ehdottoman tärkeitä, sillä niiden avulla tutkitaan, toimiiko uusi prosessi halutunlaisesti, ja yritetään löytää ongelmat, jotka hidastavat tuotantoa tai estävät sen. Mittaaminen ei saa rajoittua vain käyttöönoton jälkeiseen aikaan, vaikka silloin se erityisen tärkeää onkin, vaan mittaamista täytyy suorittaa koko tuotantoprosessin elinkaaren ajan. Näin tuotteet saadaan pidettyä laadukkaina ja prosessi tehokkaana ja luotettavana, ja prosessia osataan päivittää tarpeen vaatiessa. Mittaamista on syytä tehdä myös tuotantoprosessin kehitysprosessin muissa vaiheissa. Jos tarkka mittaaminen tuntuu vastenmieliseltä, voi mittaamisen suorittaa helpommin keskittymällä vain prosessin sisään menevän ja ulos tulevan tiedon vertailuun (Bogetoft 2012). Sanomattakin on selvää, että mitä tarkempaa mittaaminen on, sitä yksityiskohtaisempi ja hyödyllisempi on mittausraportti. Yrityksen työntekijöiden kannattaa mittauksia tehdessä pitää mielessä, että vääränlainen mittaaminen on vähintään yhtä huono asia, kuin mittaamatta jättäminen. (Bellgran & Säfsen 2010, luku 5.)

Tuotantoprosessilla on monia ominaisuuksia, joita tarkastella. Kaikkea mahdollista ei ole tarpeen tai edes kannattavaa mitata, vaan prosessista valitaan tuotantostrategian kannalta olennaisimmat mittarit. *Tuottavuus*, *tehokkuus* ja *laatu* ovat kolme edelleen yleisintä mittaria. Muita käytettyjä ovat *kustannukset*, *luotettavuus* ja *läpimenoaika*. Kuten tuotantoprosessin suunnittelussa, myös mittaamisessa voi käyttää apuna erilaisia menetelmiä ja välineitä. Balanced Scorecard (Chiru & Constandache 2015) on yksi suosituimmista keinoista. Toinen suosittu keino on palkata ulkopuolinen taho tekemään prosessille tarvittavat arvioinnit. Tällöin saa samalla erilaisen näkemyksen prosessin kokonaiskuvaan. (Bellgran & Säfsen 2010, luku 10.)

4. TUTKIMUSMENETELMÄT JA AINEISTO

Tämän diplomityön tutkimusosuuden kehityskohteiden määrittäminen toteutettiin pääasiassa laadullisen tutkimuksen avulla. Laadullisella tutkimuksella lähestytään tutkimusongelmaa humanistisesta näkökulmasta ja tutkimuksen tuloksena saadaan ei-numeerista dataa. Laadullisen tutkimuksen menetelmiä ovat haastattelut, huomioon perustuva analyysi ja kirjallisuuden tarkastelu, ja näitä kaikkia kolmea käytettiinkin tämän diplomityön tutkimusosuuden tekemisessä. (Jena et al. 2013.) Tärkeimmän menetelmän, haastatteluiden, tyyppi oli ei-rakenteellinen. Tällaiset haastattelut eivät ole muodollisia, vaan enemmän tutkimuksen aiheeseen liittyvää kaksisuuntaista keskustelua. (Rowley 2012.)

Tutkimusta varten tehtyjä työntekijähaastatteluja pyrittiin pitämään työntekijöistä suurimman osan kanssa, jotta saatiin riittävän hyvä kuva yrityksen nykytilasta ja mahdollisimman paljon kehityskohteita esille. Yhteistyöhaluisimpien ja kriittisesti ajattelevien haastateltavien kanssa keskusteluja käytiin useaan kertaan. Erityisesti tuotannon toimihenkilöistä oli tässä vaiheessa suuri apu, sillä he osasivat nähdä puutteet tuotantoprosessissa. Kiusallisia kysely- tai palautelomakkeita ei käytetty, vaan työntekijöihin oltiin yhteydessä heidän töidensä ohessa, jolloin vastausten antaminen kysymyksiin ei ollut pakotettua ja ilmapiiri oli normaali sekä positiivinen. Taulukossa 4 on mainittu joitain keskustelun avaamiseksi käytettyjä kysymyksiä, joita tarkennettiin relevanteilla lisäkysymyksillä.

Taulukko 4. Työntekijähaastatteluissa kysyttyjä kysymyksiä.

Kysymys	Yleisiä vastauksia
Mikä vaatii parannettavaa yrityksessä?	Toimihenkilöiden reagointi asioihin, hankintojen toimitusten ajoitukset, tiedottaminen
Ketä saa odotella (hitsarit, koneistajat, kokoonpanijat, toimittajat)?	Hitsarit odottelevat koneistajia, kokoonpanijat odottelevat hitsareita ja toimittajia
Miksi asiat tehdään tietyllä tavalla?	Koska niin on aina tehty
Mitä muutoksia kaivataan?	Jatkuvat muutokset tuotteisiin pois, prototyyppien ja varaosien valmistuksiin suunnitelmat, työpisteiden päivittäminen
Annetaanko suunnittelijoille ja tuotannon toimihenkilöille palautetta?	Muutosehdotuksia ja palautetta annetaan koskien tuotteita ja osia, palautteisiin ei reagoida aina toivotulla tavalla
Millaista tehokkuusmittausta ja laaduntarkkailua tuotannossa tehdään ja kuinka?	Työntekijöiltä ei kerätä dataa, palaute annetaan omaaloitteisesti, tuottavuutta mitataan jollain tavalla
Kuinka toimittajia ja toimitusten laatua tarkkaillaan?	Tällä hetkellä kiireestä johtuen ei juuri kuinkaan

Toinen laadullinen menetelmä, henkilökohtainen analyysi, perustui diplomityöntekijän omiin havaintoihin ja empiirisiin tutkimuksiin tuotantoympäristössä, ja keskittyi layoutiin, siisteyteen ja työntekijöiden tekemisen laatuun. Monet työntekijät kaunisteleivat asioita eivätkä uskalla sanoa ajatuksiaan ääneen muutokset pelossa, joten siksi myös

tutkijan omia päätelmiä tarvittiin kokonaiskuvan muodostamiseen tuotannon toiminnasta. Yrityksen toiveena olleet Make-or-Buy -tarkastelu sekä ABC-jaottelu tehtiin yhteistyössä työnjohtajien kanssa. Kehityskohtien määrittämisessä käytettiin apuna tuotantoon ja valmistukseen liittyvää kirjallisuutta. Sieltä haettiin ohjeita tuotantoprosessin lähestymiseen puolueettomana ja kyseenalaistavana tahona sekä vinkkejä ja ehdotuksia yleisimpien tuotantoprosessin ongelmien ja niihin sopivien ratkaisujen löytämiseen. Tämä oli laadullisista menetelmistä kolmas.

Kehitettäessä tuotantoprosessia, johon ei ole kohdistunut laajempaa tutkimusta aikaisemmin, ei voi keskittyä kovin tarkasti tehokkuuslukuihin, ennen kuin peruslähtökohdat saadaan kuntoon, ja siksi läpimenoaikojen tarkkaa mittausta tai arvovirtojen tarkastelua ei tehty. Yrityksen tuotantoprosessille ei saisikaan luotua realistista tavoiteaikaa läpimenoille, sillä prosessi ei juurikaan sisällä sarjatuotantoa, mutta eri tuotteiden omat prosessit sisältävät vaihtelevat määrät puuttuvia osia, alihankintaa sekä jo valmiina varastosta löytyviä osia, ja tuotteiden valmistusajoissa on siksi vaihtelua. Toimitusajoissa saattaa olla jopa päivien ero. Sen sijaan materiaalien kulkua ja ajankäyttöä muuhun, kuin valmistustoimintaan, tarkasteltiin ja tarkastelusta saatiin tietoa, jota voi käyttää hyväksi päivittäessä asiakkaille luvattavia toimitusaikoja. Tämä oli diplomityön määrällinen tutkimusmenetelmä (Jena et al. 2013). Tuotteiden toimitusajat on laskettu lyhyiksi, eivätkä salli suuria viivästyksiä, joten kun aikoja muokkaa ottaen huomioon diplomityön kehityssuunnitelman, niitä voi käyttää toistaiseksi läpimenoaikojen tavoitteina.

Tutkimus saa aina tuloksen, ja tässä diplomityössä tuloksena ovat kehitysehdotukset, jotka luotiin kehityskohteille. Kehitysehdotukset pohjautuvat kehityskohtien tapaan kirjallisuuteen sekä diplomityöntekijän omaan intuitioon ja maalaisjärkeen. Kehityskohteita nousi tuotantoprosessista odotetusti esille runsaasti, ja ne vaihtelivat marginaalisista selvästi huomiota vaativiin asioihin. Näiden kohteiden joukosta rajattiin muutama kokonaisuus, joiden kehittämistä alettiin viemään eteenpäin. Kehityksen lopputuloksen optimoimiseksi kirjallisuudesta etsittiin valmiita hyväksi havaittuja ratkaisuja tuotantoprosessin ongelmiin ja käytettiin olemassa olevia kehitysmenetelmiä, jotta työ helpottui ja saatiin kehityskohteille parhaat mahdolliset kehitysehdotukset. Kirjallisuus tuki mainiosti tutkijan omia ajatuksia tuotantoprosessin kehittämisestä, ja näiden kahden yhdistelmänä saatiin lopputuloksena syntyneet kehitysehdotukset aikaiseksi. Joihinkin kehityskohteisiin syntyi useita ratkaisuvaihtoehtoja, joista voi valita paremmin tulevaisuuden strategiaa tukevan, ja joista kaikilla on omat hyvät ja huonot puolensa.

Koko tutkimuksen ajan tutkijan apuna diplomityön teossa oli yrityksestä nimetty ohjaaja sekä yliopistolta nimetyt professorit. Heillä on konkreettista kokemusta vastaavanlaisten töiden tekemisestä ja tuotantoprosessien kehittämisestä, ja he toivat erilaisia ja asiantuntevia näkökulmia tutkijan omien ajatusten rinnalle hänen omaan kehitystyöhönsä. Ohjaajat auttoivat myös muotoilemaan työn kulun järkeväksi ja valitsemaan halutun lopputuloksen kannalta olennaisia tarkastelun kohteita yrityksen nykyisessä tuotantoprosessissa ja tekivät erinomaisia ehdotuksia itse kehitystoimille. Kirjallisuudesta ei löydy vastausta

kaikkeen, ja siitä syystä ohjaajat ovat erinomainen tuki vähemmän kokeneelle opiskelijalle, joka on tekemässä esimerkiksi lopputyötään.

Teoriaosuus, joka löytyy tämän tutkimusraportin alusta, kirjoitettiin tietenkin tutkimuksen aiheen ja asiantuntijoiden näkemysten esittelemiseksi lukijalle, mutta se myös toimi korvaamattomana apuna itse tutkimusosuuden suorittamisessa. Vuosikymmenien aikana kirjoitetut kirjat ja artikkelit aiheesta sisältävät arvokasta tietoa ja erilaisia mielipiteitä sekä vanhemmilta, että nuoremmilta tutkijoilta, ja kirjoitettu tieto auttoikin hyvin löytämään tarkasteltavan tuotantoprosessin heikot kohdat ja muuttamaan nämä heikkoudet vahvuuksiksi. Internet mahdollisti kaiken tämän tietomäärän löytämisen, ja kuten eivät yrityksetkään, myöskään tutkijat eivät ilman internetiä enää pärjää. Kaiken tämän tiedonhankkimisen yhteydessä tutkimuksen tekijä sai uutta tuotantotekniikkaan liittyvää oppia, jota hyödyntää tutkimuksen jälkeen työskennellessään tuotannon parissa.

Käytetyistä tietolähteistä muutama ansaitsee erityismaininnan. Stevensonin (2007) *Operations Management* (9th edition) ja niin ikään *Operations Management* (5th edition) tekijöiltä Chambers *et al.* (2007) ovat erinomaisia lähteitä firman tuotantoa tutkivalle henkilölle. Ne kattavat lähestulkoon kaikki aiheet valmistuksesta laadun kautta leaniin ja auttavat ymmärtämään tuotannon merkityksen yritykselle. Samaan ryhmään kuuluu Hopp & Spearmanin (2000) *Factory Physics: Foundations of Manufacturing Management* (2nd edition). Groover (2008) pysyy samoissa ajatuksissa, mutta lisää edellisiin automaation ja erilaisten ohjausjärjestelmien vaikutuksen tuotantoprosessille teoksessa *Automation, Production Systems and Computer-Integrated Manufacturing* (3rd edition). Tuotannon ohjaus on tässä työssä vahvasti esillä, joten siihen tarvittiin edellisten kirjojen lisäksi lisää aineistoa. Sellaista tarjosi Bulfin & Sipperin (1997) kirjoittama kirja *Production: Planning, Control, and Integration* hyvillä selityksillään erilaisista ohjaustavoista. Pelkästään tuotannon kehittämiseen keskittyviä kirjoja on hyvin vähän, mutta *Production Development - Design and Operation of Production Systems* Bellgran & Säfsteniltä (2010) on tässä työssä käytetty sellainen. Lähdeluettelosta löytyy muut mainitsemattomat lähteet, joiden avulla tämäkin työ saatiin parhaimmilleen.

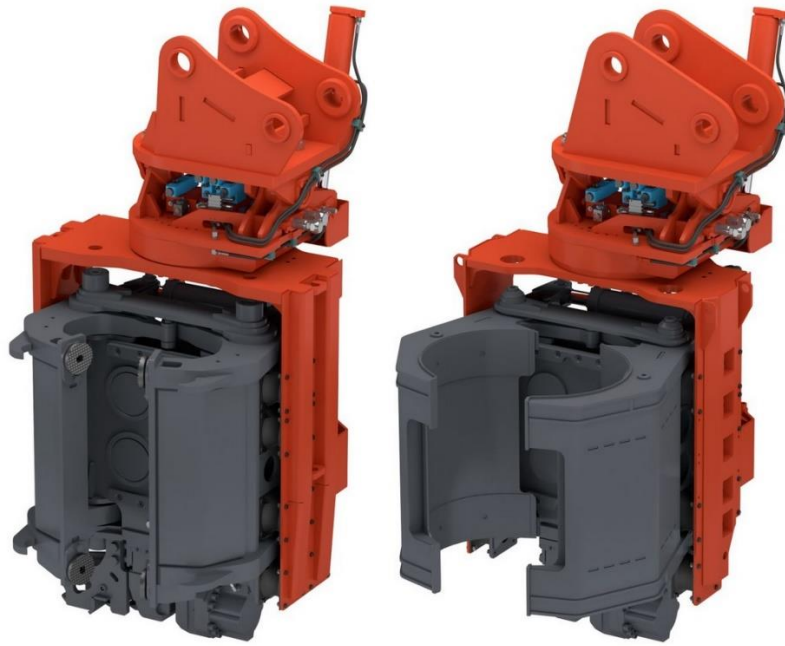
5. YRITYKSEN TUOTANTOPROSESSIN NYKY- TILA

Tämä tutkimus keskittyy suomalaisen yrityksen Suomessa toimivan päätoimipaikan tehtaaseen tuotantoon ja ennen kaikkea tuotantoprosessiin. Prosessin vaiheita suoritetaan hitsaamossa, koneistamossa sekä kokoonpanohallissa. Kaikki kolme toimivat itsenäisinä osastoina, ja ne yhdistetään tuotannonsuunnittelijan ja tuotantopäällikön sekä muiden toimihenkilöiden avulla tuotantokokonaisuudeksi ja yhteisen arvoketjun osiksi. Firman tuotannossa valmistaminen on laadukasta, firman tuotteet toimivat, kuten niiden on tarkoitettu ja asiakastarpeet on saatu täytettyä, mutta jatkuva kysynnän nousu asettaa haasteita PK-yrityksen toiminnalle, toimitusvarmuuden ja laadun säilyttämiselle sekä laadunhallinnalle.

5.1 Valmistettavat tuotteet

Yritys kehittää, suunnittelee ja valmistaa modulaarisuutta hyödyntäen useita erilaisia sivuteiskijöitä (kuva 9) sekä paalutusvasaroita ja paalutuskairoja (kuva 10) pontiniskenttään ja paalutukseen. Näiden lisäksi saatavilla on mainituille tuotteille aputuotteita ja varaosia. Koneita ohjaava ohjausjärjestelmä on tuotteille räätälöity, ja sitä on saatavana muutamaa eri versiota. Tuotteilla pyritään parantamaan asiakasyritysten tuottavuutta ja kustannustehokkuutta. Laitteista löytyy voimaa, tarkkuutta ja mukautuvuutta moneen eri maaperään ja tarpeeseen. Paalutuskoneet sopivat jokaiseen kaivinkoneeseen, sillä ne kiinnitetään kaivinkoneen mittojen mukaan suunnitellulla ja valmistetulla adapterilla. Sivuteiskijät ovat säännöllisesti myyty tuotetyyppi, muiden ollessa satunnaisemmin valmistettuja. Sarjatuotannosta ei voida kuitenkaan puhua iskijöidenkään kohdalla, yksittäisten mallien vähäisistä tuotantomääristä johtuen.

Tuotteet saadaan eloon hydrauliiikan avulla. Voimanlähteenä toimii kaivinkoneen hydraulijärjestelmä, jonka avulla paalutuskoneiden hydraulimoottorit saadaan pyörimään ja osat liikkumaan. Anturoinnilla välitetään tietoa tuotteiden käyttäytymisestä kaivinkoneen kuljettajan käyttämälle ohjausjärjestelmälle. Vasarapaalutus on tuttu menetelmä maailmalla, mutta sivuteiskijöistä on kuultu vähemmän. Iskijöiden leuoilla tartutaan maahan upotettavaan ponttiin, putkeen, paaluun, ratakiskoon tai muuhun kiinni, ja se vakio- tai muuttuva-amplitudista vibrakoteloä täräyttämällä ja iskijää kaivinkoneella painamalla upotetaan maahan. Erikoisuutena on, että vibrakotelon täräistessä sivuteiskijän runko ei tärise vaimennuskumien ansiosta lainkaan. Paalutettavan kappaleen ei tarvitse olla terästä tai betonia, vaan muidenkin materiaalien, kuten puun, paalutus onnistuu.



Kuva 9. *Sivuoteiskijöitä leuoilla ja adaptereilla (Movax 2018).*



Kuva 10. *Paalutusvasara (vas.) & paalutuskaira adaptereilla (Movax 2018).*

Käyttötarkoitustensa vuoksi kaikki valmistettavat tuotteet koostuvat teräksestä, ja ne vaativat polttoleikkausta, särmäystä, hitsausta ja koneistuksia, jotka vievät runsaasti aikaa. Teräs tarkoittaa myös suurta massaa, mikä puolestaan tarkoittaa vahvoja nostolaitteita ja kaivinkoneita. Leikkausten, hitsausten ja työstöjen lisäksi koneiden valmistaminen vaatii paljon ruuvikiinnityksiä. Kaikki valmistuksen vaiheet saavat uudet mittasuhteet, mitä pidemmälle tulevaisuuteen mennään, koska tuotteiden koot tulevat kasvamaan tulevaisuudessa, ja koska firman tavoitteena on kasvattaa myyntimääriä sekä tuotevariaatioiden määrää.

5.2 Tuotantoprosessin osa-alueet ja tehtävät

Valmistus lähtee tarkasteltavassa tuotantoprosessissa liikkeelle monestakin syystä: asiakas tilaa koneen tai varaosan, halutaan valmistaa hyllystä loppuva tai loppunut nimike, valmistetaan prototyypin osa tai valmistetaan jotain, koska ennustetaan sitä tarvittavan lähitulevaisuudessa. Kolme jälkimmäistä antavat ymmärtää, että ohjaustapa tuotannossa on varasto-ohjaus, ensimmäinen viittaa tilausohjautuvaan tuotantoon. Varasto-ohjauksen saaminen koko tuotantoon onkin firmalla tavoitteena, ja sen määräämänä jo toimitaan osavalmistuksessa. Kokoonpano on edelleen tilausohjautuva, sillä siellä kapasiteetti ei riitä valmiiden tuotteiden valmistamiseen varastoon. Kaikilla osastoilla työskennellään yhdessä vuorossa aamusta iltapäivään, ja kiireessä myös muina aikoina ja viikonloppuisin. Tuotantoprosessi sisältäen hankinnan on esitetty kaaviona kuvassa 16.

Koska valmistus alkaa vain, jos nimikettä ei ole riittävästi varastossa, voidaan puhua myös imuohjauksesta. Toisaalta imuimpulssin jälkeen, osat virtaavat vapaasti tuotantoprosessissa, eli työntöohjaustakin on havaittavissa. Myös tilausten ja ennusteiden perusteella tehtävät kokoonpanot viittaavat imuohjaukseen. Yrityksen tuotannossa voidaankin puhua hybridiohjauksesta. Ilmoitus loppuvista osista tulee ERP-järjestelmän hälytysrajojen alituttua tai visuaalisen tarkkailun tuloksena.

Hitsaamossa ja koneistamossa eli osavalmistuksessa toiminta pyörii varasto-ohjatusti. Polttoleikkattujen leikkeiden, valmiiden hitsattujen rakenteiden ja koneistettujen, valmiiksi lämpökäsiteltyjen osien varastoinnilla pyritään auttamaan tuotantoa saavuttamaan paalutuskoneille luvattu, parhaimmillaan muutaman viikon toimitusaika. Ja toimintata- vasta onkin hyötyä, sillä mainitut vaiheet vievät todella paljon aikaa, ja ne pidentäisivät toimitusaikoja huomattavasti ainoastaan tilausohjautuvasti tehtynä. Kiireestä johtuen on olemassa tilanteita, joissa yrityksen tuotannossa osia ei ole valmiina hyllyssä, ja ne joudutaan tekemään tilauksen perusteella alusta asti kaikkine vaiheineen.

Yrityksen tuotantoprosessi on teoriassa hyvin suoraviivainen ja näyttää paperilla hyvältä, mutta se kätkee sisäänsä muutaman ison haasteen ja loputtomiin pientä kehitettävää. Yksi suurimmista kehitystä vaativista aiheista, yllättävää kyllä, on tiedon käsittely. Tieto kulkee firman sisällä, mutta rikkonaisesti, ja tietoa eivät välttämättä saa kaikki, joille se kuuluu. Tästä aiheutuu se, että eri osastot eivät toimi yhtenäisenä yrityksenä, vaan itsenäisesti

muista halleista riippumattomina tahoina, jotka yrittävät tehdä samoja tuotteita. Myös toimenkuvien epäselkeys tuo haasteita tiedonkulkuun. Hitsaamossa pääasiassa työnjohtaja välittää tiedon, mutta esimerkiksi koneistamossa työnjohtajalla ei ole niin suurta roolia, kuin hitsaamossa. Kokoonpanohallissa ei ole nimettyä työnjohtajaa laisinkaan, vaan tehtävää suorittaa tuotantopäällikkö omien töidensä ohessa. Valmistuksesta ja sen seurannasta löytyvät lisäksi omat haasteensa, ja tutkimuksen pääpaino onkin niissä, sillä tämän diplomityön tavoitteena on loppujen lopuksi tuotantoprosessin kehittäminen, ja siihen eivät riitä pelkästään tiedonkulun parantaminen tai toimenkuvien selkeyttäminen.

Kun tuotteille luvataan lyhyt, vain viikkojen toimitusaika, virheiden määrän täytyy jäädä mahdollisimman vähäiseksi. Suunnitelmien ja piirustusten täytyy olla oikein ja selkeät, valmistuksessa ei saa tapahtua laatupuutteita ja tuotannonohjauksen tulee olla perillä siitä, mitä tuotannossa tapahtuu. Tarvittavien materiaalien tulee löytyä hyllystä ja hankinnan täytyy ostaa alihankinnat ja osat ajallaan, jotta valmistus ei viivästy puutteiden vuoksi. Ideaalisessa tilanteessa kaikki toimisikin näin, mutta jokainen tietää, että tuotantoprosessi on täynnä häiriöitä, jotka viivyttävät tuotteen läpimenoa, ja erinomainen valmistus vaatiikin keskustelua ja tiedonvaihtoa työntekijöiden välillä sekä nopeaa reagointia ongelmatilanteissa. Edellinen lause määrittelee hyvin sujuvan tuotannon, ja siihen tutkimuksen kohteena olevan tuotantoprosessin kehittämisellä pyritään.

5.2.1 Tuotannon suunnittelu ja ohjaus

Kun paalutuskone tai varaosia on myyty asiakkaalle ja asiakkaan tilaus vahvistettu, ERP-järjestelmä ehdottaa tilauksille valmistus- ja hankintaehdotuksia, jos tilauksessa sovittuja tuotteita ei ole varastossa. Ehdotuksen hyväksyy ja avaa työksi tuotannonsuunnittelija tai tuotantopäällikkö. Tilausvahvistuksesta huolimatta tilaukseen saattaa tulla muutoksia myöhemmin, ja tilattu kone jopa vaihtua toiseen malliin. Työn avaamisesta muodostuvat tilatun koneen tai varaosan (jos se sisältää alanimikkeitä) sisältämille nimikkeille valmistus ja hankintaehdotukset (alihankinta-, vaihealihankinta ja ostoehdotukset), jos nimikkeitä ei ole riittävästi varastossa tai niitä menee tilauksiin niin paljon, että saavutetaan hälytysrajat. Jokaisella firman säännöllisesti käyttämällä osalla, puolivalmiilla rakenteella tai valmiilla tuotteella on oma nimikkeensä, jos osa, rakenne tai tuote poikkeaa jollain tavalla muista. Ehdotukset tarkoittavat sitä, että jokaisen puuttuvan tai loppuvan nimikkeen kohdalla tehdään päätös, valmistetaanko nimikettä vai hankitaanko sitä muualta. Visuaalisesti ohjatuista osista ja prototyyppien osista ei tule ERP-järjestelmän tekemiä ehdotuksia, vaan valmistusehdotukset tulevat suullisesti työntekijöiltä.

Tuotannonsuunnittelija ja tuotantopäällikkö käyvät valmistus- ja hankintaehdotuksia läpi ja tekevät rutiininomaisesti päätökset siitä, mitä ehdotuksille tehdään. Erityistä tarkkuutta vaativien hankintojen kohdalla päätökset tehdään yhdessä hankintapäällikön kanssa, ja nämä hankinnat hänen toimestaan. Kun päätökset siitä, mitä valmistetaan ja mitä ostetaan, on tehty, tehdään osatilaukset, avataan valmistettavat osat tai tuotteet töiksi, luodaan työkortit ja mahdollistetaan valmistusprosessi aloitettavaksi ja suoritettavaksi. Työkorttien

mukana menevät valmistettavista osista piirustukset, jotta tekijät tietävät, miltä lopputuloksien tulee näyttää. Työvaiheen suorittaja kuittaa työn aloitetuksi ja lopetetuksi, jotta vaiheen kesto kirjautuu ERP-järjestelmään. Valmiista töistä palautetaan työkortit tuotannonohjaukseen, jossa kirjataan työt suoritetuksi. Kirjauksen jälkeen valmistettujen ja valmistukseen käytettyjen nimikkeiden saldot päivittyvät toiminnanohjausjärjestelmässä. Osien loppumisesta syntyvät valmistus- ja hankintaehdotukset tai ennusteiden mukaan valmistettavat osat ja komponentit käyvät saman prosessin läpi.

Tuotannonsuunnittelija ja tuotantopäällikkö hoitavat työnsä hyvin, mutta on helppo huomata, että tekemistä alkaa olla liikaa kahdelle henkilölle. Lisähaasteita tuovat huonot käytännöt sekä jatkuvat muutokset niihin, heikot hallintajärjestelmät sekä hankinnassa mukana oleminen. Suurin ongelma ei silti löydy näiden kolmen joukosta. Yrityksen tuotannon työntekijät ovat todella riippuvaisia tuotannon toimihenkilöistä. Heihin ollaan yhteydessä lähes jokaisessa pulmatilanteessa ja asiassa. Myös asioihin, joista heillä ei välttämättä ole mitään tietämystä, heiltä hankitaan informaatiota. Toimihenkilöt toimivat välillä myös tiedon välittäjinä eri osapuolten välillä, vaikka osapuolet voisivat keskustella keskenäänkin. Tämä aiheuttaa turhaa stressiä tuotannonohjaajalle ja tuotantopäällikölle, ja saa heidät unohtamaan itselleen oikeasti kuuluvia asioita.

Yrityksen työntekijöillä on tapa luvata tilatuille koneille tai varaosille aloitukset mahdollisimman pian tilauksista, mikä hankaloittaa tuotannon toimihenkilöiden tekemistä entisestään. Suurista lupauksista aiheutuu pahimmillaan valtavat paineet valmistukseen, jos resurssit ovat jo valmiiksi suuresti kuormitettuja. Nopeasta aikataulusta johtuen hankkijoilla ja tuotteiden suunnittelijoilla ja piirtäjillä on kiire, ja siksi suunnitelmia ei ole välttämättä ehditty tekemään loppuun, mikä huomataan myöhemmin tuotannossa.

5.2.2 Hankinta ja saapuva tavara

Yrityksen hankinta ei ole organisoitunutta, vaan hankintoja tekevät yhdessä tuotannonsuunnittelija, tuotantopäällikkö sekä hankintapäällikkö. Asiantuntevuutta ja hankintakokemusta vaativat hankinnat hoitaa hankintapäällikkö itse. Hankintoja on aikaisemmin mainitusti kolmenlaisia: ostot, alihankinnat ja vaihealihakinnat. Ostot ovat osien tai töiden ostoja, alihankinnat ovat ulkopuolisen tahon firman puolesta tekemiä hankintoja ja vaihealihakinnat ovat ulkopuolisen tahon firman tuotteille hankkimaa muokkausta tai käsittelyä. Hyväksytyltä toimittajalta hankkiminen on yrityksessä hyvin orientoitunutta, ja hankintaprosessi on nopea. Hankinnasta tehdään tilaus, ja tilauksen mentyä läpi toimittajalle lähetetään mahdolliset hankintaan liittyvät ohjeet. Sen jälkeen odotetaan, että toimittaja hoitaa omat tehtävänsä, toimittaa tilauksen tehtaalle rahtikirjan kanssa ja lähettää laskun.

Jos kyseessä on uusi toimittaja ja/tai tuote, jota ei ole ennen tilattu, hankintaprosessi pysyy edelleen systemaattisena, mutta siitä tulee enemmän aikaa vievä. Prosessi lähtee liik-

keelle mahdollisten toimittajien kartoituksesta ja arvioinneista. Arvioinneilla pyritään rajaamaan toimittajien joukosta ne, jotka pystyvät vastaamaan firman tarpeisiin ja toimittamaan riittävän laadukkaita tuotteita riittävän nopeasti. Valituille ehdokkaille lähetetään tarjouspyyntö, ja saatujen tarjousten perusteella valitaan toimittajista paras vaihtoehto. Jos tilaus-toimitus -suhteesta tulee pitkäaikainen, kirjoitetaan valitun toimittajan kanssa sopimus, jossa päätetään hankinnoille kumppanuushinnat ja muut kumppanuutta koskevat asiat. Tästä eteenpäin prosessi jatkuu, kuten edellisessä kappaleessa on kerrottu.

Saapuvan tavarahan ottaa vastaan varastomies. Hän kuittaa tilauksen vastaanotetuksi ja tekee tavaralle vastaanottotarkastuksen. Viallisista osista tehdään reklamaatio, kunnossa olevat viedään varastoon omille paikoilleen. Jokaisella nimikkeellä on oma, ERP-järjestelmästä löytyvä hyllypaikkansa. Vastaanottokuittauksen jälkeen nimikkeiden saldotasot muuttuvat järjestelmässä vastaamaan todellista tilannetta, järjestelmän otettua huomioon saapuneet tavarat, ja vastaanotetun materiaalin käyttö tuotannossa on mahdollista. Kuitattuaan saapuneen materiaalin, varastomies voi hyllyttää tavarat tai ojentaa ne valmistukseen.

Toimitusaikojen pitäminen ja toimitusvarmuus riippuvat paljon hankinnasta. Osien tai alihankintojen puute hidastaa valmistuksen työskentelyä ja pahimmillaan siirtää asiakkaalle menevän tuotteen toimituspäivämäärää eteenpäin sovitusta. Hankintojen kanssa on alati kiire, vaikka niitä hoitavat yhdessä hankintapäällikkö sekä tuotannonsuunnittelija ja tuotantopäällikkö. Kiireestä johtuen esimerkiksi toimittajien kunnollisille arvioinneille ei ole aikaa, ja laatu saattaa välillä olla hankinnan kautta tulevissa osissa huonoa. Huonolaatuisten tuotteiden korjaaminen aiheuttaa lisätyötä valmistuksessa, ja niiden palautus ja uusien saapuminen viivästyttävät toimituksia. Hankintoihin liittyvissä asioissa ollaan lisäksi tekemisissä lukuisten eri tahojen ja alihankintaverkostojen kanssa, mikä hankaloittaa hankintatyötä entisestään.

Ylimääräisen hidasteen hankintoihin tuo suunnitteluosasto, joka lähettää hankintatilausten mukana menevät piirustukset usein liian myöhään hankkijoille. Myös tämän vuoksi hankinnat saattavat viivästyä. Pahimmassa tapauksessa piirustukset ovat hieman väärin, jolloin tehtaalte saapuu väärin valmistettu osa, jota joudutaan korjailemaan tai se joudutaan palauttamaan, ja palautetun tilalle joudutaan hankkimaan uusi. Tästä kaikesta ymmärretään se, että yrityksen myyntimäärän ja tuotevariaatioiden kasvaessa hankinta vaatii muutoksia. Kuten vaatii tavarahan vastaanottokin.

5.2.3 Osavalmistus

Tuotannonsuunnittelijan tai tuotantopäällikön asetettua työt aloituskelpoiseksi ja työkorit esille, on osavalmistuksessa mahdollista aloittaa työskentely. Työkortin noutaa itse työn suorittaja tai työnjohtaja, joka antaa kortin eteenpäin työn suorittajalle. Työ kuitataan ERP-järjestelmässä alkaneeksi, ja sitä voidaan kuittauksen jälkeen aloittaa konkreettisesti tekemään. Työn valmistuttua se kuitataan valmistetuksi ja siitä kirjataan valmistustiedot

(valmistusmäärä, viallisten lukumäärä, puutteet valmistuskuvissa ym.) työkorttiin kehitystä varten ja kortti palautetaan tuotannonohjaajalle, joka kirjaa työkortin tehtävät suoritetuiksi sekä valmistustiedot tuotannonohjausjärjestelmään. Työnjohtajat tekevät ohjaavien tehtävien lisäksi töille hienokuormitusta, eli aikatauluttavat auki olevia töitä sen mukaan, mitä on tietyllä hetkellä järkevintä ja mahdollista tehdä. Työnjohtajien rooli voisi olla suurempi, mutta yrityksessä tehdään asiat tietyllä tavalla, koska niin ne on aina tehty. Tämä on yksi kehityksen pahimmista haasteista.

Osavalmistukseen kuuluu kaksi hallia: hitsaamo ja koneistamo. Hitsaamossa tehdään työvaiheista polttoleikkaukset, sahaukset, särmäykset, raepuhallukset ja käsin hitsaukset. Myös robottihitsaus ja krymppäys kuuluvat hitsaamon tehtäviin. Koneistamossa tehdään ainoastaan koneistus. Työntekijöiden mielestä osavalmistuksen tuottama laatu on hyvää ja tasaista. Yksi syy laadun tasaisuuteen on yhteistyö tuotannon ja tuotesuunnittelun välillä. Työntekijät antavat osista jatkuvaa palautetta suunnittelijoille, jotta valmistuksesta saadaan mahdollisimman helppoa ja kustannustehokasta. Tästä syystä omilla resursseilla valmistaminen hankkimisen sijaan on etu. Itse tehdessä päästään nopeasti käsiksi suunnitteluvirheisiin ja virheisiin reagoidaan nopeasti. Samalla tehdään tuotekehitystä. Alihankkija tuskin edes huomaa virheitä piirustuksissa, sillä hän ei tiedä osan käyttötarkoitusta, eikä tee kokonaista konetta, vaan ainoastaan yhtä osaa.

Työntekijöiden laadunylitys ei auta hyväksymään sitä tosiasiaa, että tuotantoon viedään silloin tällöin keskeneräisiä suunnitelmia tai päivityksiä osiin. Keskeneräisten suunnitelmien aiheuttamat pulmat joudutaan korjaamaan tuotannossa, mikä vie runsaasti turhaa aikaa tilaustuotannolta. Uudet osat vanhojen tilalle tai päivitykset vanhoihin osiin tarkoittavat myös uusia asetuksia, menetelmiä ja opettelua. Jos uusia osia luodaan usein, vanhoja ei ehditä välttämättä käyttää alta pois, ja ne jäävät hyllyyn ylimääräisenä sitomaan hyllytilaa ja rahaa. Valmistajan silmään hyvältä näyttävä laatu ei välttämättä tarkoita, että asiakkaiden mielestä laatu olisi erinomaista, eikä laadunhallintaa saa siksi unohtaa tai vähentää.

Hitsaamossa hommat sujuvat eikä radikaaleille toimintatapojen muutoksille ole suurta tarvetta. Osasto kykenee tällä hetkellä vastaamaan kysyntään, mutta lisämiehityksestä ei silti olisi haittaa. Vaikka hitsaamo on lähiaikoina saanut uusia työntekijöitä, joudutaan töitä tekemään satunnaisesti myös viikonloppuisin. Varastonimikkeiden hitsausten lisäksi hitsaamossa tehdään korjaushitsauksia asiakkaiden huoltoon tullessiin koneisiin, prototyyppien osien hitsauksia sekä varaosien hitsauksia, ja nämä kolme aiheuttavat viivästyksiä tilaustuotantoon. Oman osansa viivästyksistä aiheuttaa hidas krymppäys, joka voitaisiin suorittaa nykyistä nopeammalla menetelmällä.

Joitain mainintoja ansaitsee hitsaamohallin varastointi. Hallissa tehdään sahauksia useilla koneilla, mutta putkien ja tankojen siisti järjestys on jäänyt huomiotta. Osa on hyllyssä, osa lattialla eikä hyllyjen välissä ole kulkutilaa, ja siksi kompastumisia tapahtuu herkästi. Toisessa päässä hitsaamoa lattiatilaa ja korkeutta sen sijaan riittää. Muiden materiaalien

säilytys on siistiä, vaikka välillä hyllyistä löytyykin merkitsemättömiä osia merkitsemättömillä lavoilla. Siitä aiheutuu ylimääräistä työtä, kun työntekijät alkavat selvittämään, mihin tarkoitukseen merkkaamattomat osat ovat. Toinen varastoinnin huomio liittyy visuaaliseen ohjaukseen. Joidenkin osien menekkiä tarkkaillaan ainoastaan ihmissilmillä, mikä tarkoittaa, että osan määrän ollessa lähellä nollaa, tieto siitä kulkeutuu suullisesti eteenpäin tuotannon toimihenkilöille. Jos erilaisia nimikkeitä on useita, visuaalinen ohjaus ei millään riitä tarkkailemaan kaikkien niiden kulutusta, vaan tarvitaan varasto-ohjausta.

Jos koneistuskeskukset kestävät ja työntekijät pysyvät terveinä, koneistamossa ei ole suurta ongelmaa pysyä nykytahdissa mukana ja ehkä hieman jopa kiristää vauhtia. Toisaalta yhdenkin koneen hajoaminen voi tarkoittaa viikonlopputöitä, jotta aikataulusta jälkeen jäänti saadaan kirittyä umpeen. Koneistusradat ja työstöt on pyritty optimoimaan siten, että kappale saadaan valmiiksi mahdollisimman vähäisellä kiinnitysten ja ohjelmien määrällä. Koneistuksen suurimmat hidasteet ovat puutteelliset suunnitelmat, joita joudutaan korjaamaan ennen koneistuksia, jotta saadaan oikeanlaiset kappaleet ulos, sekä kappaleet, jotka on vaikea saada lujasti ja järkevästi kiinni koneistuskeskuksiin.

Koneistettavia osatyyppejä on useita, mikä tarkoittaa asetusten vaihtamista yhdestä toiseen usein. Tästä aiheutuu tuottavuuden alentumista ja laatuvirheitä. Nimikkeisiin tulee myös paljon muutoksia ja eri tuotteiden menekit ovat kausiluontoisia. Lisäksi työjärjestykset ovat harvoin paikkansa pitäviä. Nämä seikat vievät pois sarjatuotannon mahdollisuuden ja hankaloittavat Make-or-Buy -päätösten tekemistä, kun asetuksia ja kiinnityksiä täytyy jatkuvasti vaihtaa eikä osata ennustaa mikä työstettävien osien määrä tulee olemaan. Ja kuten hitsaamossa, myös koneistamossa on omat päivittäiset hidasteensa. Lavoista ja osista puuttuu merkintöjä, varastotila käy vähiin ja prototyyppien ja varaosien koneistukset vievät kapasiteettia pois varsinaiselta tuotannolta.

5.2.4 Kokoonpano & testaus

Kokoonpanohallissa työn suorittaminen ja työkorttien käyttäminen tapahtuvat samoin, kuin osavalmistuksessa. Poikkeavaa kokoonpanossa on se, että hallin työnjohtajana toimii tuotantopäällikkö. Hallissa tehtäviin vaiheisiin kuuluvat kokoonpano, testaus, pesu ja maalaus. Myös hitsaushallista tuttua krymppäystä tehdään kokoonpanossa. Firman myymät sivuoteiskijät kokoonpannaan kahdessa osassa, jotka yhdistetään lopussa loppukokoonpanoksi. Yläkerta koostuu rungosta ja välipaloista, jotka mahdollistavat iskijän kiinnittämisen kaivinkoneeseen sekä iskijän liikuttelun. Alakertaan kuuluvat sivuoteiskijän vibrakotelo ja leuat, joilla iskettävään ponttiin tai paaluun tartutaan kiinni. Muut myytävät tuotteet kokoonpannaan yhdessä vaiheessa niillä kokoonpanopaikoilla, joilla on tilaa.

Puitteet kokoonpano-osastolla riittävät nykyiseen kasaamiseen ja layoutmuutoksella pienen kasvuun, mutta miehitys alkaa käymään vähiin, vaikka asiakaskoneiden huoltaja ja

protomies ovatkin välillä kokoonpanijoiden apuna. Ja kun on päätetty, että jokainen valmistettu kone testataan, ja kun on kyse myydyimmistä tuotteista, sivuoteiskijästä, kokoonpanosta joudutaan irrottamaan vähintään kaksi miestä tekemään testausta tunneiksi koneen kokoonpanon valmistuttua, mikä viivyttää lisää jo valmiiksi kiireistä osastoa. Vasarat ja porat testataan konkreettisesti testikentällä protomiehen tai niiden kokoonpanijan toimesta. Koneisiin tulevien osien keräilyjä kokoonpanijoiden ei tarvitse hoitaa itse, vaan siihen tehtävään on palkattu oma työntekijänsä. Tilanne ei kuitenkaan ole niin läpinäkyvä, kuin voisi olettaa, vaan keräilyssäkin täytyy olla tarkkana, sillä keräilyjen ollessa puutteellisia, joutuvat kokoonpanijat hakemaan puuttuvat osat kaukaa, sillä varasto sijaitsee kaukana kokoonpanopaikoista. Paikkojen lähellä ovat vain satunnaiset mekaniikkaosat, pienosavarastot sekä joitain hydraulikkaosia.

Kokoonpanossa haasteista ei voida puhua enää pelkkinä haasteina, vaan ongelmina. Jo näillä tuotantomäärillä osat loppuvat hankintoihin liittyvien syiden vuoksi ja tuotanto hidastuu ja pahimmillaan seisahtuu joillain kokoonpanopaikoilla. Myös kryptopäys pidentää turhaan läpimenoaikaa, sillä se tehdään todella hitaalla menetelmällä. Alihankintojenkin laatu saattaa olla heikkoa, mistä aiheutuvia seurauksia on käsitelty edellä monesti. Suurin harmi ei hallissa aiheudu kuitenkaan mistään edellisistä, vaan täysipäiväisen työnjohtajan puutteesta. Työntekijät tarvitsevat apua valmistukseen liittyvien ongelmien ratkaisemisessa ja ohjausta tilanteissa, joissa työtehtäviä ei ole tai niihin tulee muutoksia, ja siksi myös kokoonpanossa tarvittaisiin työnjohtajaa.

Pesupaikka ja erityisesti maalauspaikka ovat työntekijöiden mielestä huonoja. Niissä kyllä onnistuu niihin tarkoitetut toimet, mutta siihen kaikki hyvä jää. Pesupaikka sijaitsee kaukana maalaamosta, itseasiassa toisessa päässä hallia. Lisäksi se on likainen, ja sieltä puuttuu pesupaikkaan sopivat seinät ja lattia. Maalaamo ei saa sen enempää kehuja. Vaikka se on tilava, sinne ei saa vietyä suuria osia tai koneita. Katon vuoksi sisään ei pääse nosturilla ja nousurampin vuoksi sisään ei pääse vähäisen maavaran omaavilla trukeilla tai painavilla, lykättävillä kärryillä. Tästä syystä suuret kokonaisuudet on maalattava maalaamon ovella, ovet auki, jolloin maali leviää muualle lähiympäristöön ja ilmaan. Pienet osat joudutaan viemään käsin maalaamoon. Liian vähäinen säilytystila maalaukseen meneville ja sieltä tuleville osille hankaloittaa valmiiksi huonoa aluetta, ja maalari joutuukin varastoimaan maalatut tuotteet sinne, missä on tilaa. Maalauksen sijainti ei saa ylistystä enempää, kuin sen käytännöllisyyuskään.

5.3 Tehtaan layout ja materiaalivirrat

Yritys on perustanut tuotantolaitoksensa valmiiseen tilaan, mikä tarkoittaa sitä, että firmalla ei ole ollut mahdollisuutta suunnitella tuotantoaan alusta asti niin sujuvaksi, kuin mahdollista, vaan yrityksen on täytynyt järjestellä koneensa ja varastonsa valmiin pohjan sallimissa rajoissa (kuva 17). Toiminnan laajuus on tietenkin ollut aluksi pienempää, ja alkuperäinen pohja on sopinut vähäiselle tuotannolle ja layout on suunniteltu vastasynty-

neen ja pienen firman tuotantoon. Toiminnan kasvaessa muutokset layoutiin ovat kuitenkin tulleet tarkasteltavana olevassa yrityksessäkin väistämättömiksi. Tutkimuksen yhteydessä on käynyt selväksi, että erityisesti kokoonpanohallissa layoutmuutokset ovat välttämättömiä, ja niiden avulla voidaan selvästi lyhentää materiaalien kulkemien matkoja. Ihmisten turhaa liikettä voidaan vähentää tuotannon suunnittelun ja ohjausmenetelmien muutosten avulla. Yrityksellä on edelleen käytössään vapaata lattia- ja seinäpinta-alaa muutoksia ja kasvua varten, eikä laajennuksia välttämättä tarvita, vaikka tuotanto kasvaakin. Kovin suuria ja aikaa vieviä muutoksia ei voi tehdä, sillä firman kasvu on kovaa ja tuotannossa on koko ajan kiire, eikä valmistus saa hidastua tai keskeytyä pitkäksi aikaa.

Tällä hetkellä firman osavalmistus pyörii soluissa, mikä vaikuttaa toimivalta ratkaisulta annettu pohjapiirustus ja tuotteet huomioiden. Hitsaamossa sekä koneistamossa varastot ovat lähellä työpisteitä, eikä ylimääräistä liikettä materiaaleille tai osille juuri tule, muuten kuin satunnaisesti silloin, jos osa joudutaan käyttämään koneistuksen jälkeen hitsaus-hallissa ennen kokoonpanoon vientiä. Tällöinkin ne viedään kokoonpanohalliin varastoitavaksi odottamaan jatkotoimenpiteitä. Kokoonpanossa sen sijaan on käytössä yhdistelmälayout. Tuotteet siirtyvät kasaamisvaiheesta toiseen maalauksien ja pesujen kautta, kuten linjalayoutissa, mutta vaiheet sisältävät erilaisia paikallaan pysyvään rakenteeseen tehtäviä kiinnityksiä, joten layoutissa on myös kiinteän paikan layoutin piirteitä.

Pohjapiirroksessa kuvassa 17 voi tarkemmin tutkimalla huomata, että kaikkien maalattavien loppukokoonpanoon tulevien nimikkeiden virrat ovat liian pitkiä. Suurimmat syyt tähän ovat pesupaikan ja maalauspaikan sijainnit toisiinsa ja kokoonpanoon nähden sekä kokoonpanossa käytettävien osien varastointi liian kaukana kokoonpanopaikoista. Esimerkiksi puolivalmiit u-raudat sekä kääntökehät, jotka tulevat sivuoteiskijöihin, varastoidaan hitsaamossa, vaikka niille ei siellä mitään enää tehdä, ja ne menevät seuraavana kokoonpanoon. U-rautojen liike puolivalmiista rakenteesta loppukokoonpanossa käytettäväksi maalatuksi sivuoteiskijän osaksi on esitetty kuvassa 18. Suurin osa lopputuotteiden osista varastoidaan kokoonpanohallissa, mutta vastakkaisessa päädyssä kokoonpanoon nähden. Osien keräilijä hakee osat varastosta valmiiksi kokoonpanopaikoille, mutta keräilyn ollessa puutteellista, kokoonpanija joutuu hakemaan puuttuvan osan kaukaa työpisteeltään.

Valmiille tuotteille ei ole kunnollista säilytys- tai lähetysaluetta laisinkaan, ja ne laske-taan odottamaan viimeistelyä tai lähetystä paikkaan, missä sattuu olla riittävästi lat-tiatilaa. Erityisesti valmiiden pitkien tuotteiden säilytys aiheuttaa ongelmia. Tuotteita jou-dutaan siirtelemään edestakaisin, jos ne ovat jonkun muun asian tiellä, ja huonolla tuurilla ne kolhiintuvat liiallisen siirtelyn tuloksena. Sivuteiskijöiden valmistus ja kokoonpano tapahtuvat nykyisellä layoutilla hidasteista huolimatta hyvin, mutta muiden tuotteiden, kuten paalutusvasaroiden tai -porien kasaaminen sivuteiskijöille tarkoitetuille kokoonpanopaikoilla on alkanut hankaloittaa työskentelyä kokoonpanohallissa.

Yrityksen tuotantoprosessista on vaikeaa tunnistaa pullonkaula(t), sillä jonkin resurssin muuttuessa pullonkaulaksi, voidaan ottaa käyttöön alihankkijoiden ja myyjien palvelut, vuokratyömiehet ja ulkoistaminen, ja ohittaa rajoittava resurssi. Yrityksessä on käytössä varasto-ohjaus, ja osia ostetaan tai valmistetaan etukäteen ennusteiden ja varastomäärien perusteella, jotta pullonkauloista selvittää. Ainoaksi pullonkaulamahdollisuudeksi jää tällöin teoriassa kokoonpano. Käytännössä tilanne on hieman toinen. Jos kaikki kokoonpanossa tarvittavat osat löytyvät varastosta, kokoonpano on ainoa pullonkaula. Mutta usein käy niin, että hitsaamo odottaa koneistamolta ja kokoonpano toimittajilta osia saapuviksi, mistä voidaan päätellä, että koneistamo ja hankintatoimi ovat todelliset pullonkaulat tuotantoprosessissa. Varaston arvon pitäminen alhaisena näyttääkin olevan yksi pullonkaulat aikaansaava tekijä. Koneistuksia voitaisiin ulkoistaa, mutta ulkoistamisia voidaan jättää tekemättä sen takia, että koneistettavan osan sisältämää informaatiota ei haluta viedä ulkopuolisille, tai sen takia, että ulkopuoliset eivät osaa tehdä tarvittavia koneistuksia riittävän korkealaatuisesti.

5.4 Tuotantoprosessin arviointi-, mittaus- ja kehitysmenettelmät

Firman nykyisestä tuotantoprosessista kerätään tietoa laatuun, tehokkuuteen sekä toimitusvarmuuteen liittyen kirjallisesti ja suullisesti. Tuotannon laadusta kerätään dataa työkorttien mukana ja valmistuskuviin lisättävien kommenttien avulla. Työkorteissa on kohdat, joihin voi kirjoittaa kuinka monta kappaletta valmistetusta erästä meni pieleen ja miksi sekä ehdotukset kyseisen virhetilanteen toistumisen ehkäisemiseksi. Valmistuskuviin tehdään merkintöjä niihin kohtiin, jotka kaipaavat huomiota, ja kuvat palautetaan takaisin suunnittelijoille. Lautupalautteet kirjataan toiminnanohjausjärjestelmään, ja palautteisiin reagoidaan, mutta laatuvirheiden läpikäyntiin ei ole olemassa erillistä protokollaa. Virheistä on silti päästy eroon eikä sama virhe ole toistunut kahdesti. Työntekijöillä on myös mahdollisuus tehdä tuotantoprosessiin liittyviä aloitteita, joilla pyritään parantamaan työskentelyoloja. Aloitteet käydään läpi, ja ne arvioidaan ja joko hylätään tai laitetaan eteenpäin jatkojalostukseen ja mahdollisesti tuodaan käytäntöön.

Tehokkuuteen liittyvää dataa ovat tuotettujen koneiden ja valmistuneiden osien yhteismäärä kuukaudessa ja vuodessa sekä valmistettujen koneiden määrä per työntekijä näinä aikoina. Lisäksi eri halleista kerätään tärkeimpien osien valmistusmääriin sekä koneiden käyttöasteisiin liittyvää tietoa. Päättäneen tilikauden tietoja verrataan edelliskauteen, josta saadaan muutosprosentit ja nähdään toiminnan suunta. Kasvun suuruudesta saadaan selville, päästiinkö tavoitteisiin vai ei, ja voidaan sen perusteella miettiä syyt tulokseen ja tarvittavat jatkotoimenpiteet ja muutokset tuotantoprosessiin. Valmistus- tai kokoonpanoajoille ei ole annettu tavoiteaikoja eikä läpimenoaikoja kelloiteta säännöllisesti, mistä johtuen poikkeavuuksia tuotannossa on vaikea havaita, ja ajankäyttöä muuhun, kuin arvonlisäykseen, tapahtuu herkemmin. Toimitusvarmuus on kaikesta huolimatta vuosittain lähellä 100 %:a, ja kysyntä kasvaa jatkuvasti, joten ilman tarkempaa laadunhallintaa ja

tuotantoprosessin seurantaan, yritys pystyy vastaamaan asiakastarpeisiin ja saa pidettyä asiakastytytyvyyden korkeana.

Jokainen valmistunut tuote testataan kokoonpanon jälkeen, ja testauksista tehdään testauspöytäkirjat. Pöytäkirjoja säilytetään siltä varalta, että asiakkaiden käyttäessä koneita, niissä ilmenee ongelmia. Sivuoteiskijöiden ylä- ja alekerroista täytetään myös asennuspöytäkirjat, joita hyödynnetään samaan tarkoitukseen. Asennuspöytäkirjoissa ilmeneviin poikkeuksiin puututaan, mutta eri pöytäkirjoja ei tarkkailla säännöllisesti tai vertailla toisiinsa eikä niitä käytetä jatkuvaan parantamiseen.

Yrityksen tuotantoprosessissa ei vielä hyödynnetä lean-periaatteita. 5S-menetelmää on kokeiltu tuotannossa aikaisemmin, mutta huonolla toteutuksella ja menestyksellä. Kokeilusta on jotain jäänteitä vielä nähtävissä työpisteillä. Leanista onkin tullut firman sisällä tabu, eikä sitä ole otettu uudestaan käyttöön, mikä näkyy osassa tehdasta epäjärjestyksenä ja ylimääräisenä liikkumisena ja tavaroiden kuljettamisena sekä turhina miettimisinä ja sääteinä. Yrityksellä ei ole nimettyä tuotannonkehittäjää, joka vastaisi tuotannon jatkuvista parannuksista ja arvioinneista tai leanin käyttöönotosta, ja siksi valmistus jää kehityksessä jälkeen muusta toiminnasta ja ilman muutoksia todennäköisesti vuosien saatossa kilpailijoista. Kehityspäällikkö tekee pientä tuotantoon liittyvää kehitystä, mutta sille ei jää riittävästi aikaa bisneksen kehittämisen ohella.

5.5 ABC-analyysi

ABC-luokittelu ei saa kovin suuria mittasuhteita tuotantoprosesseissa, joiden tuotantomäärät eivät ole päättä huimaavat, eivätkä tuotteisiin tulevat osat, vaikka niitä on montaa erilaista, ole jättimäisiä tai kalliita. Tutkittavalla yrityksellä on tällainen prosessi. Huomio siirtyy tässä tapauksessa osista osakokoonpanoihin ja puolivalmiisiin rakenteisiin, mistä seuraa se, että ABC-analyysin tekeminen ja osaluokkien hallinta helpottuvat. Suurten, alanimikkeitä sisältävien kokonaisuuksien tietojen ylläpito on helpompaa ja tärkeämpää, kuin pienten nimikkeiden, joita on varastoissa paljon, mutta joihin ei sitouduta paljon pääomaa. Nimikkeet, joista kannattaa pitää kirjaa, ovat sivuoteiskijöiden osat. Muille tuotteille, kuten paalutusvasaroille ja -porille annetaan niin pitkät toimitusajat, että niihin yleensä ehditään valmistamaan ja hankkimaan tarvittavat materiaalit vasta asiakastilauksen tultua.

Kuten aikaisemmin on mainittu, yrityksen valmistamat sivuoteiskijät sisältävät lukuisat määrät pientä ja keskisuurta nimikettä ja muutamia isompia kokonaisuuksia. Pienet nimikkeet ovat pääasiassa leikkeitä, joista osakokoonpanot ja puolivalmiit rakenteet koostuvat. Lisäksi pieniin osiin kuuluvat ruuvit, mutterit ja vastaavat kiinnitykseen sekä hydraulikkaan liittyvät pienosat. Nämä kuuluvat C-kategoriaan, eikä niiden määrää tarvitse kontrolloida tiukalla kädellä tai varastosaldoja tarkkailla taukoamatta. Myös yksinkertaiset, ostettavat sarjatuotanto-osat ja materiaalit kuuluvat tähän ryhmään.

B-kategoriaan kuuluvat keskisuuret ja suuret polttoleikkeet sekä keskisuuret osat ja osakokoonpanot, jotka ovat jollain tavalla spesiaaleja, mutta toimittajan tekemänä sarjatuotantoa. Sarjatuotanto alentaa yksittäisen kappaleen hintaa, jolloin kappaleita voidaan pitää hyllyssä kerralla useita. Näidenkin nimikkeiden kanssa täytyy olla tarkkana, sillä liiallinen määrä niitä nostaa varastoihin sitoutunutta pääomaa, varsinkin niissä tilanteissa, joissa useita eri nimikkeitä on hyllyssä liikaa. Esimerkkejä tarkasteltavan yrityksen B-kategoriaan kuuluvista osista ja osakokoonpanoista ovat erilaiset hydraulikkakokoonpanot, alatarraimet, jotka tulevat sivuoteiskijöiden alapäähän, vibrakoteloon tulevat osat, kuten hammaspyörät, sekä osa sivuoteiskijöiden yläkertojen osista. Polttoleikkeitä kuuluu tähän ryhmään, koska vaikka ne eivät ole arvokkaita, niiden leikkaaminen ja puhaltaminen kestää kauan, ja niiden puuttuessa tuotanto viivästyy helposti. Levyjä, joista tähän kategoriaan kuuluvia osia poltetaan, on onneksi useimmiten hyllyssä eikä niitä tarvitse alkaa tilaamaan, joten pitkistä viivästyksistä ei ole kyse.

Huomionarvoisimpaan luokkaan A kuuluvat valmiit tuotteiden kokoonpanot, suuret osakokoonpanot sekä paljon työtä vaativat rakenteet, kuten u-raudat, leuat ja vibrakoteloiden kuoret. Rakenteiden valmistukset kestävät kauan, koska ne vaativat useita erilaisia työvaiheita yrityksen omassa tuotannossa sekä ulkopuoliselta ostettuna. Saldojen täytyy täsmätä, jotta osataan tehdä tai ostaa lisää, ennen kuin nimike todellisuudessa loppuu varastoista ja menetetään valmistusaikaa myöhästymiseen asti. Saldojen paikkansapitävyys auttaa myös kertomaan, jos jokin tämän luokan osista on hukassa. Kun saldot kertovat määrän mikä pitäisi löytyä hyllystä, puuttuvaa tuotetta tai osaa voidaan etsiä, ennen kuin sokeasti valmistetaan uusi, jotta päästään puutetilanteesta eroon.

Nykytila-analyysin yhteydessä kävi ilmi, että yrityksen tuotannossa osista on usein pulaa. Se kertoo siitä, että varastoitavien osien saldoja ei ylläpidetä niin tarkasti, kuin mahdollista. Tämä luo haasteita valmistukselle jo nyt, mutta erityisesti tulevaisuudessa, kun yritys ja samalla osien tarve kasvaa. Varastojen hallintaa ja ylläpitoa täytyy kehittää yrityksen kehittyessä ja ohjaustapoja miettiä, kun nimikkeiden määrä ja yksittäisten nimikkeiden lukumäärät suurenevat. ABC-analyysi ei ole työkalu, jota voidaan käyttää, jos jaksetaan, vaan siitä on oikeasti hyötyä ja se *auttaa hallinnoimaan varastosaldoja ja pitämään läpimenoajat luvatuissa.*

5.6 Make-or-Buy -tarkastelu

Kasvavan yrityksen täytyy säännöllisin väliajoin miettiä valmistaako jokin osa tai puoli-valmis rakenne omilla resursseilla vai ostaako se tai sen valmistus tai siihen kuuluvan työvaiheen tekeminen muualta. Kun tuotantomäärät ovat pienet, yrityksellä on aikaa ja resursseja keskittyä tekemään lähes kaikki osat ja erikoisimmat vaiheet itse kyeten pitämään toimitusajat siedettävänä. Mitä suuremmaksi toiminta ja tuotantomäärät kasvavat, sitä enemmän yrityksen täytyy ostaa osia ja valmistusta muualta ja keskittyä tekemään vain tiettyjä nimikkeitä. Kaikkea ei millään voidakaan valmistaa itse, mikäli halutaan luvata kilpailijoihin verrattuna samat tai paremmat toimitusajat. Make-or-Buy -päätöksillä

yritetään valita *kustannustehokkain valmistaja ja säästää aikaa ja rahaa tinkimättä tuotteiden laadusta.*

Nykyisen tuotantoprosessin läpikäynnin yhteydessä mainitaan, että loppuvista tai jo loppuneista nimikkeistä tulee toiminnanohjausjärjestelmän välityksellä tai visuaalisesti työntekijöiden kautta valmistus- ja hankintaehdotuksia. Nimikkeistä suurimman osan kohdalla Make-or-Buy -päätös tehdään rutiininomaisesti, mutta käytössä on myös osia ja komponentteja, joiden kohdalla päätökseen paneudutaan hieman tarkemmin. Puolivalmiiden rakenteiden joukosta löytyy nimikkeitä, joihin tehdään osat itse, mutta osien käsittelyt ulkoistetaan, nimikkeitä, jotka teetätetään alusta loppuun muualla, ja nimikkeitä, jotka valmistetaan lähes alusta loppuun itse, koska niiden valmistaminen kuuluu ydinosaamiseen, eikä ulkoistamalla saada haluttua laatua. Valmiit paalutuskoneet ja muut tuotteet kokoonpannaan ja testataan omin voimin. Kaivinkoneen ja paalutuskoneen väliin tuleva adapteri valmistetaan aina omalla tehtaalla, sillä se on uniikki kappale, jonka valmistusta ei ole järkevää kustannussyistä ulkoistaa, eikä sitä nopeista toimitusajoista johtuen ehdittäisikään tehdä.

Nykypäivänä, kun on olemassa lukuisia firmoja, jotka ovat erikoistuneet hitsauksiin, koneistuksiin, lämpökäsittelyihin ja muihin operaatioihin, ei kannata tehdä kaikkea itse. Varsinkaan silloin, kun on kyseessä monimutkaiset tuotteet, joihin sisältyy paljon erilaisia osia, joiden aikaansaanti vaatii paljon erilaisia valmistusmenetelmiä. Ja kun on paljon nimikkeitä, kuluu paljon aikaa Make-or-Buy -päätösten tekemiseen. Lisähaasteen tuotannon päätöksiin tuovat jatkuvat muutokset tuotteisiin. Kun uusi osa on hyväksytty valmistettavaksi, tehdään sitä koskeva valmistuspäätös. Valmistuspäätöksessä täytyy nykyisellä tuotemuutosten ilmestymistahdilla ottaa huomioon myös osan elinkaaren pituus, mikä on hyvin epävarma. Hankintasopimusta ja valmistuksen ulkoistamista ei kannata tehdä vain muutaman kappaleen vuoksi, sillä kustannussäästöjä ei synny pienillä valmistusmäärillä. Mutta jos osan käyttöä jatketaankin pidempään ja päätös ostamisesta tai alihankinnasta tehdään vasta myöhemmin, on maksettu turhaan valmistamalla omalla kapasiteetilla. Toisaalta osan käyttö saattaa loppua tällöinkin heti sopimuksen kirjoittamisen jälkeen.

Kohteena olevan yrityksen hitsaamossa tehdään polttoleikkaus plasmaleikkurilla. Erilaisia leikevariaatioita ja levyvahvuuksia on useita, ja suurin osa leikkeistä poltetaan itse. Leikkeiden saldoja ylläpidetään visuaalisesti ja leikkausta optimoidaan siten, että samasta levyvahvuudesta tulevia osia pyritään polttamaan samalla kertaa, jotta säästytään ylimääräisiltä levynvaihdolta ja asetuksilta. Tarkkuutta ja varastoista löytymätöntä levyvahvuutta vaativat, leikattavat osat hankitaan ulkoa. Kiireessä tarkkuutta vaativatkin leikkeetkin yritetään tuottaa omalla koneella. Leikkaukseen on nimetty henkilö, jolla olisi kapasiteettia tuottaa enemmän, mutta koneistamo rajoittaa hitsaamon tuotantoa. Lämpökäsittelyt ja vastaavat vaiheet osille ja rakenteille teetetään puolestaan muualla, koska ne vaativat erityisosaamista tai laitteita, joita yrityksen ei kannata hankkia, ja tästä aiheutuu

liikennettä tehtaalle (kuva 19). Hitsaus pidetään pääasiassa talon sisällä, ja siihen panostetaan, koska hitsauksen laadun täytyy olla asiakkaille menevissä tuotteissa hyvää ja virheet halutaan korjata mahdollisimman nopeasti ilman odotteluajoja, joita syntyy esimerkiksi materiaalin kuljettamisesta tehtaalta pois ja sinne takaisin.

Järkevintä olisi tehdä hitsaamossa laaja, kustannuksiin perustuva Make-or-Buy -tarkastelu ja jaotella polttoleikattavat nimikkeet itsevalmistettaviin ja ostettaviin tuotteisiin. Ilman suurempaa tarkastelua on kuitenkin helppo jo sanoa, että ulkoa kannattaisi ostaa usein tarvittavat, monia levyvahvuuksia vaativien rakenteiden leikkeet esikäsiteltyinä ja hitsausvalmiina paketteina ja leikata muut satunnaisemmin menevät ja muiden tuotteiden osat omalla plasmaleikkaajalla. Tällöin eri levypaksuuksien ja levyjen määrää ja varastonarvoa voisi pienentää, ja samalla edestakainen liike toimittajien ja tehtaan välillä vähenisi, kun ei tarvitse itse leikattuja levyjä lähettää käsittelyyn ja odottaa niitä takaisin tehtaalle, vain jotta ne voitaisiin hitsata yhteen ja taas lähettää käsittelyyn hitsattuna rakenteena. Samalla plasmaleikkuri jäisi käyttöön nopeasti tarvittavia leikkeitä varten ja hitsareilla olisi enemmän aikaa tehdä ydinsaamisosia. Muuttuneet materiaalivirrat on esitetty liitteen E kuvissa.

Ne tuotteet tai vaiheet, jotka ulkoistetaan tällä hetkellä, kannattaa ulkoistaa vastakin. Eri-tyisesti koneistuksessa on kapasiteetti tiukalla, eikä ainakaan koneistusta pidä vetää takaisin. Päinvastoin, sitä kannattaa ulkoistaa niin suurelta osin, kuin on mahdollista. Takaisin tehtaalle voi vetää tarpeen tullen hitsaamista, jotta sen osaaminen säilyy yrityksessä. Jos nimikkeeseen ainut itse tehtävä vaihe on nimikkeeseen tulevien osien polttoleikkaus, koko nimikkeen voi leikkeitä myöten hankkia tehtaan ulkopuolelta. Ulkoistamiset monimutkaistavat hankintoja, mutta hankintatoimeen on ehdotettu muutoksia, joten uusien ulkoistamisten ei pitäisi tuottaa ongelmia hankintojen hallinnalle.

Koneistamoon liittyvälle lähemmälle Make-or-Buy -tarkastelulle ei ole vielä tarvetta. Siellä on aikaa keskittyä ainoastaan työstöihin, joita ei kannata erinäisistä syistä muualla teettää, ja jos lisää resursseja saadaan käyttöön, tulevat nekin menemään samaan tarkoitukseen. Kokoonpanossa on sama tilanne. Siellä käytettävät hydraulikkaosat, laakerit, ruuvit ja muut kaikissa tuotteissa käytettävät osat ostetaan ulkoa, koska ei ole järkeä valmistaa niitä itse kustannustehokkuuden, osaamisen, laitteiden ja ajan puutosten vuoksi. Muut käytettävät osat kokoonpanoon ovat tulleet hitsaamosta tai koneistamosta. Lopputuotteet kokoonpannaan laatu ja kustannussyistä itse, ja niiden osat maalataan yrityksen omissa tiloissa. Maalausta on hankala ulkoistaa, sillä monet osat vaativat käsittelyä ennen kokoonpanoa, ja näiden käsittelyiden avulla saadaan helposti tuhottua maalipinta, jos sellainen käsiteltävällä osalla on.

Yritykset joutuvat nykyään valitsemaan roolinsa yhteiskunnassa. Firma voi olla tuotekehittäjä, raaka-ainetoimittaja, osavalmistaja, lopputuotevalmistaja tai vain jakelija. Tutkimuksen kohdeyritys tekee edelleen tuotekehityksen, monien osien sekä kaikkien lopputuotteiden valmistamisen ja tuotteiden ja varaosien myynnin itse. Mutta tulevien vuosien

aikana yrityksen eduksi on siirtyä lähes kokonaan tuotekehittäjäksi sekä lopputuotteiden kokoonpanijaksi. Siirtymän voi aloittaa sillä, että hitsaa ydinosaamisen takia itse tehtäviä nimikkeitä lukuun ottamatta ostetut leikkeet itse yhteen, mutta teetättää muut vaiheet viimeistä vaihetta myöten muualla. Näin keskitytään siihen missä ollaan hyviä, säilytetään edelläkävijän maine ja estetään toiminnan leviäminen käsiin.

Tuotannon kasvaessa, mutta toimintatapojen säilyessä tutkittavassa firmassa nykyisenlaisina, levyjen, levyvahvuuksien, poltettavien osien ja työn määrät lisääntyvät. Samassa suhteessa kasvavat levyjen varastointiin sitoutuneet kustannukset sekä plasmaleikkaamiseen käytetty aika. Siksi Make-or-Buy -tarkastelu, ja sen avulla mahdolliset säästöt, on syytä tehdä, ennen kuin toiminta kasvaa yhtään suuremmaksi ja muutosten tekeminen vaatii paljon työtä.

6. KEHITYSKOhteET JA -SUUNNITELMAT

Kaiken kaikkiaan kehitettävistä asioista syntyi monen sivun lista, joka lyheni noin puoleen alkuperäisestä, kun vähemmän tärkeät kehityskohteet rajattiin joukosta pois. Jäljelle jääneistä muodostettiin muutama kehitystä vaativa kokonaisuus, joihin lopulta lähdettiin keksimään kehitysehdotuksia. Kokonaisuuksien aiheet vaihtelevat laidasta laitaan ja saatavat hieman jopa poiketa tekniikan ulkopuolelle. Poikkeavat aiheetkin ovat olennainen ja iso osa tuotantoprosessia ja vaativat huomiota ja parannuksia, ja ovat siksi kehityskohteiden joukossa mukana.

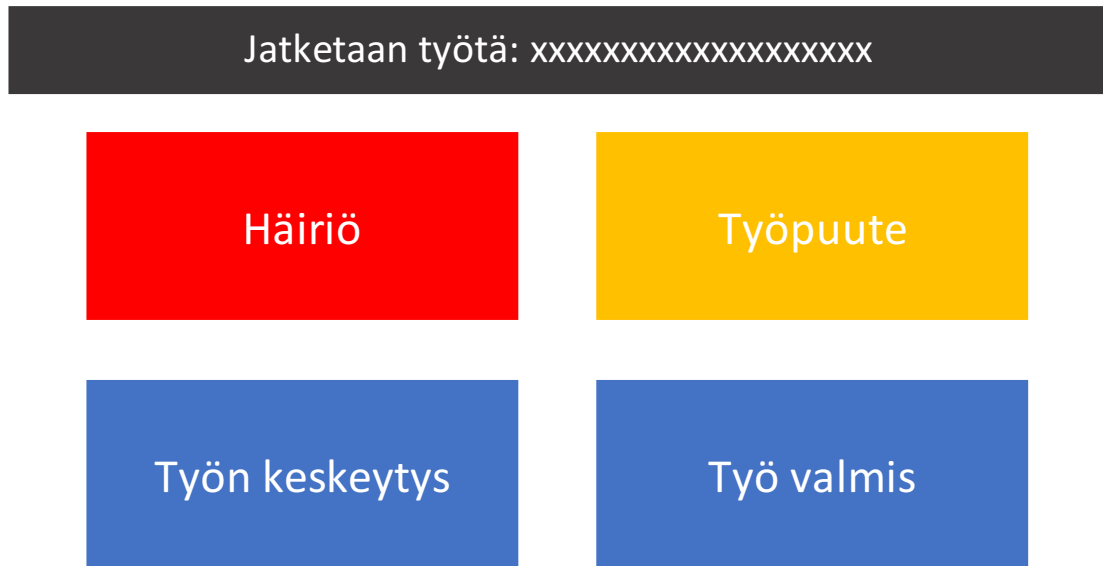
6.1 Valmistus ja hankinta

Valmistus- ja hankintaprosesseihin liittyvät kehityskohteet ovat keskeisiä osia tuotantoprosessissa, ja niiden parantaminen muuttaa hieman toimintamalleja. Yritys on tapojensa orja, mikä tekee muutosten myymisestä ja vanhojen tapojen poistamisesta hankalaa. Toimihenkilöiden ja työntekijöidenkin kannattaisi muistaa, että firma, jossa he työskentelevät, valmistaa todella poikkeuksellisia tuotteita, ja jos he haluavat, että tuotteet myyvät ja kilpailijat pysyvät takana, muutoksia täytyy tapahtua, ja ne täytyy ottaa vastaan avoimin mielin.

Ongelmakohdat valmistuksessa liittyvät lähinnä sen suunnittelun ja ohjauksen käytäntöihin, joten mitään ylitsepääsemättömiä esteitä ei yrityksen tuotannossa ole. Muita kehityksen kohteita ovat epäselvät toimenkuvat, puutteellinen tuotantoprosessin arviointi ja mitaus sekä selkeyttä kaipaavat hankinnat.

6.1.1 Tuotannonohjaus ja -suunnittelu

Tuotannonohjauskäytännöt ovat yrityksessä vakiintuneet liiaksi, ja ne ovat vuosien aikana jääneet jälkeen kehityksessä. Esimerkiksi paperisten työkorttien ja infolappujen käytön pitäisi olla poissa muodista, ja viimeistään seuraavan tuotannonohjausjärjestelmän päivityksen aikana vähintäänkin työkorttien paperiversioista on hankkiuduttava eroon. Nykyisenkin tuotannonohjausjärjestelmän kanssa olisi mahdollista toimia paperittomasti, mutta kukaan ei halua opetella uusia tapoja. Paperisten infolappujen tilalle voi ottaa käyttöön laatat, joihin voi kirjoittaa tussilla, ja joita voi käyttää uudelleen. Digitaalisena aikana voi harkita myös teollisen internetin ja tablettien käyttöönottoa työpisteille (Collapick Company Oy 2018). Tableteista työntekijät näkisivät työkortit, kuvat ja muuta informaatiota, ja niillä voisi keskeyttää työn ja jatkaa sitä ja antaa nopeasti palautteen työn ongelmista suoraan (kuva 11).



Kuva 11. Esimerkki työpisteillä käytettävien tablettien mobiilikäyttöliittymästä (perustuu lähteeseen Collapick company Oy 2018).

Muita muutoksia vaativia käytäntöjä ovat tuotantopäällikön ja tuotannonsuunnittelijan käyttö työkorttien tulostamisessa ja töiden kuittauksissa sekä toimituspäivän lupaaminen myyntihenkilöille ilman tarkempaa aikataulun tarkastelua. Työntekijät eivät ole avuttomia, ja hekin oppivat uutta ja saavat tiedot toiminnanohjausjärjestelmästä tai sähköpostista itse tulostettua ja pystyvät kirjaamaan töistä tiedot ERP-järjestelmään ilman tuotannon toimihenkilöiden apua. Yksi järkevä muutos olisi myös se, että asiakkaan halutessa tehdä muutoksia tilaukseensa, hän joutuu maksamaan lisää tai odottamaan tilaustaan alkuperäistä toimituspäivää pidemmälle. Toinen se, että tehtäisiin mahdollisimman monesta Make-or-Buy-päätöksestä automaattinen, jolloin tarvitsisi miettiä harvemmin, valmistako nimikettä lisää itse vai hankkiiko sitä jostain muualta. Päätökset ovat kuitenkin harvoin yksinkertaisia, ja ne riippuvat monesta tekijästä, ja siksi automatisointi on hankalaa.

Kun vanhat käytännöt on saatu poistettua ja uusia opittu tilalle, on mahdollista keskittyä itse tuotannonsuunnitteluun ja -ohjaukseen. Yksi tärkeä asia, mikä yrityksen tuotannonohjauksesta puuttuu, on selkeä aikataulutussjärjestelmä, jolla pitää tuotanto hallinnassa, kun manuaaliset keinot eivät siihen enää riitä. APS-ohjelmisto olisi tähän käyttötarkoitukseen sopiva, koska sillä pystyy aikataulutuksen lisäksi ohjaamaan resursseja ja valmistusta. Ohjelmiston avulla nähdään tuotantoprosessin kokonaiskuormitus ja voidaan hallita prosessia, voidaan suunnitella valmistusta pidemmälle, tiedetään mitä tulee valmistaa ja osataan kertoa valmistus- ja toimitusajoille melko tarkat arviot, jos esimerkiksi myyntihenkilöt niitä kysyvät. Selkeä aikataulu helpottaisi ja tarkentaisi myös työnjohtajien tekemää hienokuormitusta ja tekisi töiden vapauttamisesta tuotantoon kontrolloidumpaa.

Tuotannon kasvu tarkoittaa muutoksia tuotannonohjaukseen ja tuotannonsuunnitteluun. Kun tuotantomäärät lisääntyvät, mutta resurssien määrä pysyy samana, tuotteen tilauspäivän ja valmistuksen aloituksen väli pitenee. Tilaaajan kannalta tämä ei välttämättä ole

hyvä asia, mutta valmistavan firman kannalta on. Kun kokoonpanon aloitus ja toimituspäivä pystytään lupaamaan myöhemmäksi, kuin tällä hetkellä, on tuotannossa aikaa valmistaa ja hankkia tarvittavat osat reilusti ennen kokoonpanon aloitusta, jolloin ei tule osapuutteita ja pysytään luvatussa toimitusajassa. Ja kun on aikaa valmistaa ja hankkia tilauksen mukaan, ei tarvitse pitää materiaalia valmiiksi varmuuden vuoksi varastossa, varastonarvo pienenee, varastohallinta helpottuu ja lisää varastotilaa vapautuu, jolloin päästään lähemmäs JIT-tuotantoa. Samalla säästytään tuotannon ennustamiselta, kun on tiedossa töitä tuleville kuukausille.

Prototyypit ovat yksi vaivanaiheuttajista yrityksissä. Ne sotkevat valmistusta ja aikatauluja, mutta niitä tai niiden osia ei voi erinäisistä syistä teettää joka kerta ulkona. Siksi prototyyppien valmistukseen täytyy paneutua normaalia tarkemmin. Jos suinkin mahdollista, prototyyppien osat kannattaa teettää muualla, kuin omassa valmistuksessa, jotta kaikki mahdollinen kapasiteetti jää varsinaiselle tuotannolle. Ne prototyyppien osat, jotka joudutaan tekemään itse, täytyy aikatauluttaa ja sovittaa muun valmistuksen sekaan niin, ettei tuotanto häiriinny pahasti. Asiakkaan tarve menee kaiken edelle, ja asiakastilausten on lähdettävä luvattuina toimituspäivinä.

Jos toimitusajat halutaan pitää samoina, kuin nyt, vaikka tuotantomäärien kasvua tapahtuu, täytyy tuotannonohjauksessa ja -suunnittelussa, valmistuksessa ja hankinnassa tapahtua isoja muutoksia. Keskeneräisen tuotannon määrää täytyy kasvattaa, nimikkeiden saldojen kanssa täytyy olla tarkempana, hälytysrajoja täytyy nostaa ja ennustamista täytyy tehdä enemmän ja tarkemmin. Myös henkilöstön palkkaaminen ja vuorotyön käyttöön-otto, ainakin koneistamossa, tulee tässä tapauksessa aiheelliseksi.

6.1.2 Valmistusoperaatiot

Sarjatuotannon saaminen yritykseen, jonka yhdessä tuotantoprosessissa valmistetaan useita erilaisia tuotteita, on hankalaa, mutta ei mahdotonta. Hankalaksi sarjatuotannon aloittamisen tekee se, että osatyyppejä, joita pitäisi leikata, hitsata tai koneistaa sarjassa on paljon erilaisia, mikä tarkoittaa, että sarjat eivät voi yhden osan kohdalla olla kovin pitkiä, jotta kaikkia tyyppejä saadaan tehtyä. Sarjatuotantoa saataisiin enemmän esille ulkoistamalla suurempi osa valmistuksesta, jolloin omassa osavalmistuksessa on aikaa keskittyä tekemään vain tiettyjä nimikkeitä tai vaihteita. Esimerkiksi plasmaleikkaamista ja leikkeiden esikäsittelyä voi helposti vähentää ja leikkeitä ostaa ulkoa. Vastavuoroisesti voi lisätä esimerkiksi robottien käyttöä hitsauksessa ja muuta automaatiota koko tuotantoprosessissa.

Nämä toimet saattavat vähentää työntekijöiden määrää, mutta tuotantoprosessin kehittäminen vaatii uhrauksia. Selkeän aikataulun avulla pystyttäisiin näkemään nimikkeiden kulutus tulevana viikkona ja kuukausina ja voitaisiin tehdä myöhemmin tarvittavia osia

samassa sarjassa pian käytettävien osien kanssa. Sarjatuotanto edellyttää, että tuotevalikoima on suppea tai tuotteet modulaarisia, joten ainakin katalogeista poistuneiden konemallien täytyy jäädä unholaan, eikä niitä pidä enää myydä tai valmistaa.

Kohdan 5.6 Make-or-Buy -tarkastelun raportoinnissa kerrotaan, että tuotannossa tarvittavat, useita levyvahvuuksia sisältävien rakenteiden leikkeet, olisi järkevintä ostaa ulkoa esikäsiteltyinä eli taivutettuina ja valmiina paketteina, jolloin yrityksen oma plasmaleikkuri jäisi käyttöön kiireellisesti tarvittaville leikkeille ja liikenne tehtaan sisään ja sieltä ulos vähenisi rahtikustannusten kanssa (kuva 21). Ympäri maata löytyy useita konepajoja, jotka ovat erikoistuneet levytöihin, ja pajat pystyvät toimittamaan leikkeitä nopeasti ja edullisesti. Kun raaka-aineiden ja leikkeiden valmistaminen varastoon vähenee, lisää varastointitilaa vapautuu muille nimikkeille. Ja kuka tietää, toimittajien laatu voi olla jopa parempaa, kuin oman tuotannon. Myöhemmin yrityksen tuotannossa todennäköisesti tulee aiheelliseksi tehdä uusi Make-or-Buy -tarkastelu, jonka avulla pyritään vapauttamaan lisää tilaa varastoista.

Tuotantoprosessissa käytettäviä koneita, laitteita ja työpisteitä voisi päivittää aina, kun haluaa, sillä koneet ja laitteet modernisoituvat jatkuvasti. Mutta tiheään päivittämisestä ei ole hyötyä, koska vanhemmillakin laitteilla pärjää hyvin. Joskus tulee eteen tilanteita, joissa työkalujen uusiminen parantaa tuottavuutta ja lyhentää läpimenoaikoja, ja uusiminen kannattaa toteuttaa. Tuotantoprosessin tutkimisen yhteydessä havaittiin, että juuri tällainen tilanne on yrityksessä syntynyt. Maalauspaikka on ensimmäinen, jota täytyy päivittää rakennemuutoksilla ja laitehankinnoilla. Päivitys onnistuu helposti madaltamalla lattiaa siten, että sisään pääsee trukeilla ja vastaavilla nostimilla. Maalauspaikan yhteyteen voi hankkia myös kuivauskaapin, mutta se ei ole välttämätöntä. Kuivatustilaa on kylläkin huonosti, mutta sitä saa lisää järjestelemällä hyllyjä uudelleen. Mahdollisen laajennuksen ja maalauspaikan siirron yhteydessä paikan toiminnallisuutta on helppo muuttaa.

Toinen vaihe, jota täytyy, nopeuttaa on krymppäys. Krymppäyksessä tarvitaan lämmitystä, ja se tehdään tällä hetkellä kaasupolttimen avulla manuaalisesti, mikä tapahtuisi paljon nopeammin uunin avulla. Krymppäysuunia tarvittaisiin sekä hitsaamossa, että kokoonpanossa, mutta yhdelläkin uunilla saataisiin tehostettua valmistusta huomattavasti. Muut laiteostot, kuten saksinostimet ja suuremmat nosturit pitkiä tuotteita varten tai korkeavarastot pienemmille osille, ovat toivottuja, mutta niidenkin hankkimisen voi hoitaa laajennuksen yhteydessä.

6.1.3 Työntekijät ja toimenkuvat

Pienessä yrityksessä tarvitaan vähemmän työntekijöitä, erityisesti toimihenkilöitä, sillä yksi ihminen voi toimia useammassa eri roolissa. Tuotantopäällikkö saattaa olla tuotannon suunnittelija, tuotannon ohjaaja, kokoonpanon työnjohtaja, hankintahenkilö sekä teh-

taan ja koneiden kunnossapitovastaava. Vaikka yritys saavuttaa kasvua, toimenkuvat eivät tuotannossa välttämättä muutu. Yksi syy on se, että toimenkuvien muuttuminen saattaa tarkoittaa uusien työntekijöiden palkkaamista, toinen on se, että ei ymmärretä toimenkuvien selkeyttämisen merkitystä tuotantoprosessille. Kun esimerkiksi tuotannonsuunnittelijoilta ja -ohjaajilta saadaan ylimääräinen taakka pois, heillä on enemmän aikaa keskittyä tuotantoprosessin sujuvana pitämiseen aikataulutuksien ja ennakointien muodoissa. Päättäjien täytyy ymmärtää, että jos kasvu hyväksytään, myös investoinnit resursseihin täytyy hyväksyä.

Aikaisempi maininta tuotantopäällikön monesta hahmosta ei ole kovinkaan kärjistetty, jos puhutaan tutkittavan yrityksen kyseisestä toimesta. Ja tuotannonsuunnittelijalla on lähes yhtä laaja toimenkuva, kuin tuotantopäälliköllä. Tuotantomäärät ovat edelleen hyvin maltilliset, mutta jatkuva kiire valmistuksessa tarvitsisi tuotannon toimihenkilöiden kaiken huomion. Tuotannon johtaminen ja suunnittelu voivat kuulua päällikön päivittäisiin askareisiin, tuotannonsuunnittelija voi tehdä tuotannonsuunnittelua ja ohjausta. Muut tehtävät täytyy siirtää muille työntekijöille. Kaikkia hankintoja ei voi sysätä hankintapäällikön harteille, joten yhden lisähenkilön palkkaaminen hankintaan on ainut vaihtoehto. Samalla yritys saisi resursseja, joita hyödyntää toimittajien arvioinneissa. Tehtaan ja laitteiden kunnossapitoon liittyvissä asioissa tuotantopäällikkö toimii ainoastaan konsulttina tehdaspäällikön ollessa asioista vastaavana henkilönä.

Kokoonpanon työnjohtajan roolin voi siirtää tuotantopäälliköltä uudelle työnjohtokokemukselta omaavalle työntekijälle, joka työnjohdollisten tehtävien yhteydessä toimii kokoonpanijana ja helpottaa kokoonpanon kiirettä. Hän tekisi kokoonpanohallin hienokuormitusta ja aloittaisi ja ohjaisi töitä ilman, että kokoonpanijoiden tarvitsee käydä keskustelemassa tuotannon toimihenkilöiden kanssa. Työhön osallistuvan työnjohtajan palkkaaminen vähentäisi myös protomiehen käyttöä kokoonpanossa ja huoltomiehen lainaamista kokoonpanon avuksi, jolloin prototyyppitkin edistyisivät ja huollettavat asiakaskoneet palaisivat nopeammin omistajilleen. Kokoonpanoa prototyyppien valmistuksen kustannuksella helpottava asia olisi protomiehen nimittäminen yhdeksi testaajaksi. Tällöin olisi yksi kokoonpanija vähemmän kiinnitettyä testaukseen, ja kokoonpanossa jatkuvasti enemmän henkilöitä tekemässä kokoonpanotyötä.

Työnjohtajat tekevät tällä hetkellä oman alueensa töiden hienokuormitusta eli aikataulusta sekä alaistensa ohjausta. He myös osallistuvat itse tarpeen mukaan valmistusprosessiin. Näiden työtehtävien lisäksi työnjohtajille, ei tuotantopäällikölle tai tuotannonsuunnittelijalle, kuuluisivat töiden aloittamiset, työkorttien hoitaminen alaisilleen ja töiden sulkemiset ja kuittaamiset. Tällä tavoin tuotantopäälliköltä ja tuotannonsuunnittelijalta saadaan edellä mainitut rasitteet pois ja työnjohtajat saavat enemmän vastuuta ja omien halliensa tuotannon paremmin hallintaan. Tämä toimii tietenkin vain, jos työnjohtajilla on käytössään tuotannonsuunnitteluohjelmisto, jossa on nähtävissä selkeä ja reaaliaikainen tuotantotilanne ja -aikataulu, joiden mukaan hienokuormitusta tehdään. Gagnon *et al.*

(2006, s. 20) painottavat, että *työnjohtajan tulee olla kommunikaation väline, tuottavuuden ylläpitäjä, laadunvarmistaja, kuuntelija ja tukija.*

Ennen työntekijämäärän kasvattamista, työntekijöiden arvostuksen täytyy nousta yrityksen sisällä. Toimihenkilöiden kuuluu ottaa tuotannosta tulleet ehdotukset vakavasti niitä heti tyrmäämättä ja perustella ehdottajille, miksi ehdotukset menivät tai eivät menneet läpi. Vastavuoroisesti työntekijät eivät valita töiden liiallisesta määrästä, ennen kuin he kuluttavat töissä vähemmän aikaa muuhun, kuin työntekoon, ja käyttävät odotteluajan esimerkiksi tulevien töiden valmisteluun tai kehitysideoiden keksimiseen. Tulevaisuuden paperittomassa yrityksessä myös tietokoneohjelmistojen opetteluun on hyvä käyttää osa loppoajasta, vaikka koulutuksia erikseen toivottavasti järjestetäänkin.

6.1.4 Tuotannon hankinnat

Löydettyjen kehityskohteiden joukossa on useita hankinnasta johtuvia asioita. Pahin, kokoonpanossa useimmin ilmenevä ongelma, on osien loppuminen. Kun tuotteeseen tarvittavat osat loppuvat, tuotteen läpimenoaika pitenee ja valmistus hyvin todennäköisesti venyy yli suunnitellun toimituspäivän, jos menetettyä aikaa ei oteta takaisin esimerkiksi viikonloppu- tai iltatöillä. Loppumiseen voi olla syynä hankintojen unohtaminen, kiire hankintojen kanssa tai huono osien saatavuus. Tuotannossa käytettäviä osia käytetään myös asiakaskoneiden huolloissa, mikä nopeuttaa osien määrän hupenemista. Samaan kastiin osien huonon saatavuuden kanssa kuuluu alihankintojen huono saatavuus. Alihankkijat saattavat ilmoittaa, että alihankintatyöt onnistuvat vasta puolen vuoden päästä kiireen vuoksi. Tällöin tarvitaan vaihtoehtoisia alihankkijoita tai ratkaisuita. Tästä päästään kolmanteen ongelmaan eli siihen, että kaikille alihankkijoille ja toimittajille ei ole korvaajia, ja viivästystilanteissa joudutaan kuluttamaan aikaa näiden korvaajien etsimiseen. Hankintoihin liittyvä viimeinen ongelma on satunnainen alihankintojen ja ostettujen nimikkeiden huono laatu. Mutta tilanteessa, jossa rutiinista poikkeavat hankinnat ovat yhden miehen varassa, ei jää aikaa vakituisten toimittajien väliarvioinneille, ja huonoa toimittajien laatua joutuu tuotantoprosessiin mukaan.

Toimitettujen materiaalien vastaanotossa ei esiinny suuria haasteita, vaan ennemminkin vääränlaisia työtapoja. Materiaalit näkyvät vastaanotettuina vasta, kun varastomies on kuitannut materiaalien saapumisen ERP-järjestelmään, ei silloin, kun materiaalit oikeasti saapuvat tehtaalle. Tästä johtuen materiaalit, joiden saapumista odotetaan, saattavat todellisuudessa olla jo vastaanottotilassa, mutta kukaan muu, kuin varastomies ei tiedä sitä, eikä hänellä ole tapana käydä ilmoittamassa saapumisia tuotannon toimihenkilöille tai hankintapäällikölle. Muut työntekijät odottavatkin säännöllisesti saapuvaksi osia, jotka ovat olleet tehtaalla jo päiviä, mutta joita ei ole kuitattu vastaanotetuksi.

Tarkastelun kohteena olevan firman parhaaksi on, että hankintatoimi määritellään yrityksessä uudelleen, ja siitä tehdään organisoitunutta. Organisoitumisella tarkoitetaan tässä

tapauksessa sitä, että hankintaa eivät tee hankintapäällikkö, tuotantopäällikkö ja tuotannonsuunnittelija yhdessä, vaan ainoastaan hankintapäällikkö. Ja jos hän ei yksin pysty tehtävää hoitamaan, palkataan firmaan toinen hankintoja tekevä henkilö. Lisähenkilöstä on tulevaisuudessa hyötyä, kun hankintojen määrä lisääntyy ja hankintaprosesseihin ja alihankintojen koordinoimiseen tarvitaan työvoimaa. Muutoksen voi aloittaa sillä, että siirtää ainoastaan ostot hankinnan työntekijöille ja pitää alihankintojen tekemisen tuotantopäälliköllä ja tuotannonsuunnittelijalla.

Itse hankintaprosessi voi pysyä nykyisen kaltaisena, mutta toimittajien arvioinneista täytyy tulla kattavampia ja säännöllisiä. Uuden toimittajan valintaprosessin ja toimittajaehdokkaiden arviointien tärkeys tulee ymmärtää, sillä valinnan mennessä pieleen, joudutaan toistamaan pitkä uuden toimittajan kartoitus- ja valintaprosessi. Jo valittuja toimittajia täytyy myös arvioida. Vaikka laatu on valintahetkellä erinomaista, voi se hetkeä myöhemmin olla täysin päinvastaista. Arviointeja voi tehdä esimerkiksi palaverien yhteydessä tuotannosta tulneiden lautupalautteiden perusteella. Tällainen toimintatapa edellyttää tietenkin palautteen keräämistä työntekijöiltä.

Kun valitaan toimittajaa osalle tai alihankintatyölle, ei saa tyytyä vain yhteen vaihtoehtoon. Kun on löydetty useita toimittajia, pääasialliselle toimittajalle on varavaihtoehto niissä tilanteissa, joissa pääasiallinen toimittaja on estynyt toimittamaan tavaraa tai pääasiallisen toimittajan kanssa jäädytetään tai päätetään yhteistyö. Vaihtoehtoiset toimittajat takaavat myös sen, että toimitukset eivät keskeydy, kun valitaan uutta toimittajaa. Niillekin nimikkeille, jotka valmistetaan itse, on hyvä miettiä mahdollisia toimittajia niiden tilanteiden varalle, joissa ollaan resurssipulasta tai laiterikosta johtuen itse kykenemättömiä valmistamaan tarvittuja osia tai tuotteita.

Ennen kuin lähtee muuttamaan hankintaa kokonaisuutena, on varmasti järkevää saada osien loppuminen hallintaan. Helpoin tapa tehdä se, on nostaa hälytysrajoja, eli tilata uusia osia lisää aikaisemmin, kuin nyt. Tämä kuitenkin lisää hankintakertojen määrää ja kuormittaa siten hankkijoita. Toinen tapa on nostaa varastomääriä, mutta silläkin on omat huonot puolensa. Viimeinen keino on nostaa varastomääriä, mutta tilata harvemmin, kuin nyt. Tällöin osia olisi pidemmäksi aikaa varastossa ja säästyttäisiin jatkuvalta kanssakäynniltä toimittajien kanssa. Jos ennustaminen ja aikataulutukset ovat yrityksessä hyvällä tasolla eikä tilaustöiden tekeminen ei ala välittömästi tai vielä muutaman viikon jälkeenkään tilauksen saavuttua, hankintoja pystyy tekemään ennusteiden ja tilausten perusteella, jolloin varastomäärät ja varastonarvo pienenevät, mutta tuotteille ja tilauksille on silti osat saatavilla, kun niitä tarvitaan. Valitsi tavoista minkä tahansa, hälytysrajojen säännöllinen tarkastus on järkevää. Mitä enemmän tuotteita myydään, sitä nopeammin osat loppuvat, ja sitä korkeammat hälytysrajat nimikkeet tarvitsevat, ja päinvastoin.

Saapuvan tavaran vastaanotossa kaivataan muutoksia työtapoihin, ja siellä voikin alkaa menettelemään seuraavasti: kun varastomies on saanut kuorman purettua autosta varastoon, hän kirjaa kuormassa olleiden osien määrät toiminnanohjausjärjestelmään, ja vasta

tämän jälkeen alkaa tarkistamaan määrä- tai laatupuutteita kuormasta. Tällä tavoin työntekijöillä on mahdollisimman nopeasti tieto puuttuvien osien saapumisesta, eivätkä he odota osia, jotka ovat jo valmiiksi tehtaalla. Ongelma tässä menettelyssä on se, että työntekijät saattavat käydä hakemassa saapuneita osia, ennen kuin niitä on tarkastettu, mutta tästä ongelmasta pääsee eroon sillä, että varastomies antaa osat työntekijälle vasta tarkastettuaan ne.

6.2 Layout

Aiemmin tässä raportissa on kerrottu, että tutkittavan yrityksen tehtaan kolmesta hallista, kokoonpanosta, hitsaamosta ja koneistamosta, kokoonpano on se, joka kaipaava layoutmuutoksia. Tuotteiden tuotantomäärät ja variaatiot lisääntyvät, ja entistä suurempia ja pidempiä tuotteita, kuten 12 metriä pitkä masto, esitellään yleisölle, joten päivitykset kokoonpanopaikoilla ja varastoinnissa tulevat enemmän kuin tarpeeseen. Kokoonpanoon meneviä osia varastoidaan myös muissa halleissa, mistä aiheutuu ylimääräistä liikettä tuotantotilassa. Hitsaamossa ja koneistamossa muutokset keskittyvät lähinnä varastojen järjestykseen. Tutkimuksen yhteydessä kävi myös ilmi, että sekalaisia tavaroita, kiinteistönhoitovälineitä ja vanhaa romua varastoidaan tuotannossa käytettävien nimikkeiden joukossa viemässä tilaa.

Ihmisten ja materiaalin liikettä voi vähentää järjestelemällä kokoonpanopaikat uudelleen ja viemällä hitsaamossa varastoitavat, sivuteiskijöiden yläkertojen esikokoonpanoissa tarvittavat u-raudat ja muut materiaalit kokoonpanohalliin. Kuvassa 20 on katkoviivoin merkityt alueet, joihin kokoonpanossa käytettäviä rakenteita voisi laskea. Alueille on pääsy trukeille ja muilla nostimilla. Varastopaikkoja voi lisätä muuallekin tuotantoon. Esimerkiksi koneistamoon mahtuu muutaman paikan hylly lisää ja maalauspaikan läheisyydessä olevia hyllyjä voi hyödyntää maalaukseen menevien ja maalattujen osien varastointiin. Laajennus nostaisi huomattavasti varastopaikkojen määrää, ja ne tulevatkin tarpeeseen tuotantomäärien ja varastosaldojen kasvaessa. Edelleen lisää tilaa nimikkeille saa säilyttämällä vanhaa romua konteissa ulkona ja varastoimalla kiinteistönhoito- ja huoltotarvikkeet muualla, kuin tuotantoprosessille varatuissa varastoissa. Osahyllyt ja -kaapit voi järjestellä uuden kokoonpanopaikan yhteyteen keskeiselle paikalle. Paras vaihtoehto olisi korkeavarasto, jonne voisi varastoida kaikki pienet hydrauliosat, letkut, ruuvit, mutterit, ja jonka avulla tehdä lisää lattiatilaa käyttäen tehtaan korkeutta hyväksi.

Maalaamon ja pesupaikan sijainnit eivät ole optimaalisia nykyisessä layoutissa, mutta niiden siirto ilman laajennusta vie aikaa ja hidastaa ja jopa keskeyttää tuotannon joksikin aikaa. Jos laajennus tehdään ja sijainteja halutaan muuttaa, voi tehdä esimerkiksi kuvan 20 mukaiset muutokset. Samalla materiaali- ja ihmisvirtoja saa kokoonpanossa lyhemmäksi (kuva 22). Laajennukset vaativat investointeja, mutta laitteita ja varastohyllyjä löytyy jo paljon valmiiksi tehtaalta. Kuvan 20 mukainen layout on myös toteutettavissa ilman, että tuotanto hidastuu kovin pitkäksi aikaa, sillä vanhoja kokoonpano-, maalaus- ja pesupaikkoja voi hyödyntää niin kauan, kunnes uudet ovat valmiit. Parhaan hyödyn tästä

layoutvaihtoehdosta saa, kun vie muista halleista tulevat osat maalaamon kautta varastoon, eikä ensin varastoon, sen jälkeen maalaamoon ja taas varastoon. Layoutin tehtävä on mahdollistaa tehtävien tekeminen mahdollisimman vähäisillä liikkeillä, ja nykyinen kymmenien metrien matka perättäisten työpisteiden välillä ei tue tätä ajatusta.

6.3 Tuotantoprosessin seuranta

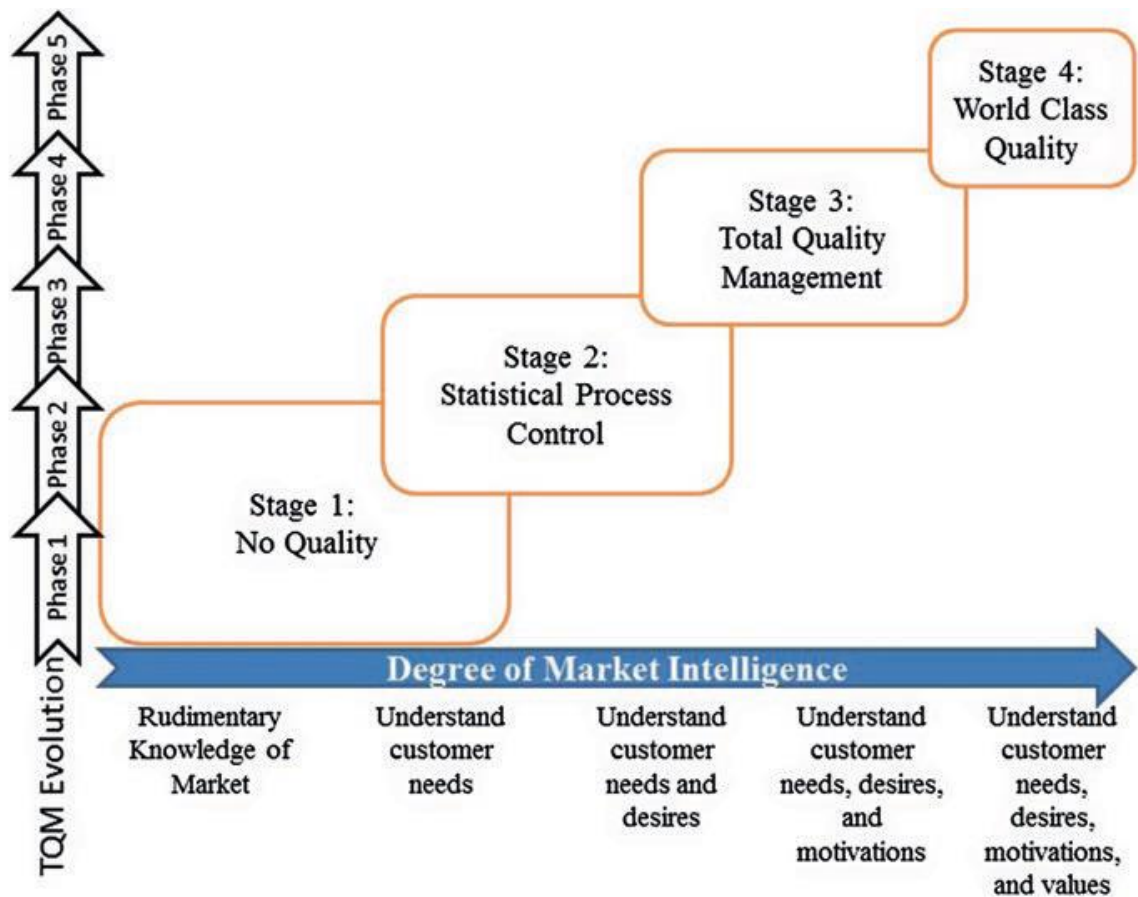
Tuotantoprosessin suorituskykyä mitataan firman tuotannossa jollain tasolla, mikä on positiivinen asia, mutta mittaukset ja jatkuva parantaminen ovat jääneet yrityksessä nopean kasvun ja kiireen vuoksi hieman taka-alalle. Tästä kertovat epäsäännöllisen säännölliset valmistus- ja laatuvirheet tuotannossa ja tuotteissa. Kaikkia tuotannon työntekijöiltä tulleita muutosehdotuksia ei myöskään lähdetä viemään kovin innokkaasti eteenpäin eikä erilaisia asennuspöytäkirjoja hyödynnetä laadunhallinnassa tehokkaasti. Yrityksessä on kehityshenkilö, joka yrittää kehittää sekä bisnestä, että tuotantoa yhtä aikaa, ja näistä kahdesta jälkimmäinen on jäänyt ensimmäisen varjoon. Tuotantoprosessia mitataankin paljolti siitä syystä, että laatukäsikirja käskee mittaamaan, ja siksi mittaus on firman tuotannossa väkinäistä, eivätkä mittaustulokset pidä välttämättä edes täysin paikkansa.

Tutkittavaa yritystä ei voi syyttää mittaamatta jättämisestä tai laaduntarkkailun sivuuttamisesta. Monet tuotantolaitokset toimivat hyvin, vaikka jatkuvaa laaduntarkkailua ja parantamista ei tehdä, mutta näiden tekemättä jättäminen estää WCM:n (*world class manufacturing*) (Jusko 2013) saavuttamisen. Ensimmäinen askel laadukkaan tuotantoprosessin saavuttamiseksi, on luoda tuotantoon kehittämisen ilmapiiri. Se saadaan aikaan selkeillä laatutavoitteilla. Niiden avulla työntekijät ymmärtävät, miksi mittaamista tehdään, ja työntekijöiltä ehkä saadaan pois epämukavuuden ja turhautumisen tunne, joka mittaamisesta ja laadun tarkkailusta aiheutuu. Laatutavoitteiden asettaminen tarkoittaa, että tavoitteet täytyy pyrkiä saavuttamaan, mikä puolestaan tarkoittaa sitä, että arvioinneista, mittaamisesta ja kehittämisestä täytyy tulla osa yrityksen tuotantoprosessia.

Tärkein tehokkuuden mittari on tuottavuus, ja sitä osana tarkasteltavaa tuotantoprosessia jo mitataankin. Tuottavuuslukuja ei kuitenkaan hyödynnetä niin hyvin, kuin niitä voisi hyödyntää, ja tämän tavan muuttaminen on hyvä alku tehokkaan tuotantoprosessin saavuttamiseksi. Tehokkuutta täytyy mitata kuukausittain ja mittaustuloksia täytyy verrata edellisten kuukausien tuloksiin. Tehokkuudelle täytyy asettaa vuositavoitteita, ja nämä tavoitteet tulee olla nähtävissä, ja kaikkien päämääränä tulee olla niiden saavuttaminen. Työntekijöitä voi kannustaa ja heitä voi palkita, jos tavoitteet on saavutettu. Tuottavuustavoitteiden ja saavutetun tuottavuuden vertailusta työntekijät näkevät, kuinka hyvin he pärjäsivät, ja osaavat sitä kautta tehostaa tekemisiään entisestään. Koneiden käyttöasteita voi käyttää samalla tavalla. Käyttöasteiden perusteella voi tehdä koneiden käytön optimointia, ja parhaassa tapauksessa jostain koneesta voi päästä eroon, ja siten tehdä säästöjä.

Toinen tapa mitata tehokkuutta, on kerätä dataa tuotteiden valmistusten läpimenoajoista. Tämä on ongelmallista yrityksessä, jossa pyritään tekemään tuotteiden osat ja osakokoonpanot valmiiksi varastoon. Mutta se ei ole kuitenkaan mahdotonta. Läpimenoaikoja voi mitata esimerkiksi ainoastaan lopputuotteiden kokoonpanoissa. Ajoista voi tehdä kuvia, joista näkyy tuotteiden kokoonpanoajien keskiarvot ja kuinka mitattu aika poikkeaa optimista ajasta. Poikkeamien perusteella voidaan tehdä korjauksia, joilla tuetaan kasvutavoitteita. Läpimenoajojen lyhentäminen on kriittistä, kun tuotantomäärät lisääntyvät ja halutaan pitää toimitusajat entisellään. Läpimenoaikoja voi tarkastella myös arvovirtoina, joissa on vaiheita, jotka lisäävät, ja vaiheita, jotka eivät lisää tuotteen arvoa. Erityisesti jälkimmäisten vaiheiden kestoa kannattaa yrittää lyhentää. Osavalmistuksessa arvontuottoon perustuvaa analyysia voi tehdä esimerkiksi varastointiaikoihin liittyen.

Tehokkuusmittausten seuraksi tarvitaan laatumittauksia. sillä laatu on se, mistä asiakas on eniten kiinnostunut. Hän voi antaa myöhästymisen anteeksi, mutta ei huonoa työn jälkeä. Hyvä laatu ei tarkoita ainoastaan sitä, että tuote tai osa toimii, kuten sen täytyy, vaan hyvä laatu sisältää lisäksi kauniin ulkomuodon. Tutkittava yritys on kiinnostunut laadusta, mutta enemmän hyvä tietää -periaatteella. Esimerkiksi romutettujen osien määrästä kerätään tietoa, mutta tiedolla ei varsinaisesti tehdä mitään. Laadun täytyykin muuttua yrityksessä yhdeksi sitä ajavaksi voimaksi. Asiakslähtöisyydestä on tultava kaiken perusta ja asiakkaan kokemasta arvosta se, jonka vuoksi hyvään laatuun pyritään (kuva 12). Asiakasarvon voi säilyttää hyvänä ja sitä voi parantaa keräämällä asiakkailta ja asiakaskoneiden huoltajilta palautetta koneista.



Kuva 12. Laatuajattelun vaiheet organisaatiossa (Kenyon & Sen 2014, s. 56).

Romutettujen osien määrää täytyy alkaa käyttämään hyväksi ja sen tarkkailua tarkoittaa siten, että romumäärä jaetaan nimikkeiden perusteella osiin. Siten nähdään, minkä osien valmistus vaatii enemmän huomiota, mittauksia ja laadunvarmistusta. Näin saadaan oikeilla kehitysmenetelmillä osien laatua parannettua itse tai ulkopuolisen valmistajan toimesta. Romumäärän voi jakaa myös työntekijöiden perusteella. Tällöin huomataan, jos jonkun henkilön valmistustavoissa on kehitettävää. Hitsaamossa voi polttoleikkaamisessa syntyneestä romutetusta raudasta nimikkeille kohdistuvien romumäärien lisäksi laskea leikattavista levyistä leikkaamisen jälkeen jäljelle jääneen käyttämättömäksi kelpaamattoman osan massan, ja tätä massaa voi verrata käytettyyn kokonaislevymäärään.

Tarkastukset ja mittaukset ovat luonnollisesti ne tärkeimmät laadunhallinnan osa-alueet. Niiden avulla nähdään suoraan, onko osassa tai tuotteessa jokin pielessä, ja osataan lähteä etsimään mahdollista mitta- tai toimintavirheen aiheuttajaa oikeasta paikasta. Mittaukset ja tarkastukset ovat osa tarkasteltavaa tuotantoprosessia muiden laatu toimien tapaan vain siltä varalta, jos jotain sattuu, eivätkä laaduntarkkailun vuoksi. Säännöllisiä mittauksia kannattaa alkaa tekemään ainakin tuotteiden kriittisille komponenteille, kuten sivuoteiskijöiden vibrakoteloille ja niiden sisälle tuleville mekaanisille osille. Muille nimikkeille mittausta voi tehdä tarpeen mukaan, mutta satunnaisemmin. Mittausten avulla huomataan

virheet, ennen kuin vibrakotelot ja iskijät on kokoonpantu, ja niiden purkaminen ja uudelleenkasaaminen tulee kalliiksi. ABC-analyysia voi käyttää hyväksi, kun miettii, mitkä nimikkeet vaativat enemmän, ja mitkä vähemmän mittausta.

Testaus- ja asennuspöytäkirjojen sisällöt eivät vaadi jatkuvaa lukemista, mutta niitä on hyvä käydä läpi silloin tällöin. Erityisesti, kun tuotteet ovat mekaanisten osien osalta muuttuneet, on uusien ja vanhojen tuotteiden pöytäkirjoja järkevää vertailla ja tutkia, kuinka muutokset ovat vaikuttaneet. Muutoksista täytyy pitää muutenkin kirjaa, jotta on dataa, josta päätellä, mikä muutos aiheutti virheen, jos sellaisia tuotepäivitysten jälkeen ilmenee.

Laadunvarmistus ja -hallinta vaativat tietenkin hyvät mittalaitteet ja muut apuvälineet ja -menetelmät. Firman tuotannossa käytettävät testaus- ja asennuspöytäkirjat ovat hyvä esimerkki apuvälineistä. Digitaalisten apuvälineiden, kuten tablettien sekä ohjelmistojen avulla piirrettävien kaavioiden ja kuvaajien käyttö olisi suotavampaa, järkevämpää ja helpompaa, kuin paperisten lomakkeiden. IoT on nykyään paras vaihtoehto laatutyökaluksi. Sillä on helppo mahdollistaa reaaliaikainen ja lähes automaattinen laatu palautteiden antaminen, jolloin palautteiden tekeminen ei välttämättä tunnu työntekijöiden mielestä pakolliselta. IoT:llä voi kerätä myös mittaustuloksia ja automaattisesti luoda kuvaajia ja vertailla mittaustuloksia standardeihin. Laatumittauksen apumenetelmiä ovat erilaiset tavat luoda normit, joihin mittaustulosten tulisi mahdollisimman hyvin yhtyä. Näistä Six Sigma on suosituin ja todennäköisesti paras, ja sen käyttöön voi ryhtyä, kun mittaaminen on ensin muilta osin kunnossa.

Kun tehdään laaduntarkkailua ja tuotetun laadun mukaan säädetään koneita ja työtapoja, tehostetaan huomaamatta tuotantoprosessia. Koneille tehdään tarkastuksia säätöjen aikana, jolloin niiden käyttövarmuus paranee ja työskentelystä tulee tarkempaa, jolloin toimitusvarmuus kasvaa, kun ei tehdä virheitä. Sen seurauksena saadaan lisää kilpailuetua kilpakumppaneihin nähden.

6.4 Tuotannon sisäinen kommunikaatio

Tuotantoympäristön tiedonkulku on aihe, jota ei käsitellä laajasti kirjallisuudessa tai teknillisissä kouluissa, ja tiedonkulusta löytyvien ongelmien ratkaisu ei ole yhtä helppoa, kuin esimerkiksi valmistukseen liittyvien pulmien. Tiedon heikko siirtyminen on tutkitavassa yrityksessä kuitenkin vakava vaiva, eikä tätä vaivaa voi jättää huomiotta. Oikeanlainen ja erinomaisesti liikkuva, tuotantoon liittyvä *tieto kasvattaa tuottavuutta*, sillä tiedon vastaanottajat tietävät täsmälleen mitä tehdä, eikä heiltä kulu aikaa asioiden lisäselvittämiseen eivätkä he kuluta resursseja turhaan, koska he tietävät mitä materiaaleja ja työkaluja töiden tekemiseen täytyy käyttää ja minkälaisen lopputuloksen töiden delegoija haluaa. Kommunikointisäännöt ja -periaatteet sekä erilaiset apuvälineet auttavat edistämään tiedonkulkua. (Bucata & Rizescu 2017.) Kommunikaatio on kaksisuuntaista, ja sen

aikana vaihtuvat ideat ja mielipiteet. Tämä tiedon vaihto tarkoittaa sitä, että esimiehet eivät ainoastaan käskytä alaisiaan, vaan myös kuuntelevat heitä.

Se, että työntekijöitä ei tiedoteta, ei ole ainoa ongelma yrityksien tiedonkulussa. Joillain ihmisillä on tapana olettaa, että tieto liikkuu eteenpäin jotain kautta, vaikka he itse eivät sitä lähdön kuljettamaan. Kolmas samaan asiaan yhtyvä ongelma on saada tiedon välittäjä informoimaan kaikkia, joille tieto kuuluu. On parempi, että asiasta tietävät myös ne, joille kyseisellä tiedonmurulla ei ole juurikaan käyttöä, kuin se, että liian vähäinen joukko työntekijöitä on tietoinen asiasta. Kun kaikki tietävät, mistä on kyse, kaikki voivat reagoida ja valmistautua yhdessä tulevaan. Ongelmia kommunikoinnissa aiheutuu myös, jos saatua tietoa ei kirjoiteta ylös, tietoa on liian vähän tai liian paljon tai tieto ymmärretään väärin. (Bucata & Rizescu 2017.)

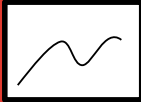


Syyt siihen, miksi tiedonkulku otettiin yhdeksi kehityskohteeksi tutkimuksessa, on lueteltu edellä. Tuotannon työntekijöitä, erityisesti kokoonpanossa, voisi tiedottaa enemmän valmistukseen liittyvistä asioista. Työntekijät joutuvatkin usein käydä kyselemässä tuotannon toimihenkilöiden toimistosta, mitä tehdä seuraavaksi, tai missä vaiheessa tuotanto on. Tuotannon toimihenkilöiden ja tuotekehittäjien sekä -suunnittelijoiden välillä on toinen paikka, jossa informaatio-ongelmia esiintyy. Yleistä keskustelua käydään sähköpostin välityksellä, joka on huonompi tapa, kuin käydä keskustelua kasvotusten. On kuitenkin ehdottoman tärkeää ilmoittaa sähköpostitse kaikille asianomaisille, jos kasvotusten on jotain päätetty. Suullisen tiedon vastaanottaja usein unohtaa kaiken saamansa tiedon tai osan siitä ja harvoin tallentaa tietoa ylös minnekään. Tietoa ei myöskään aina anneta kaikille sitä tarvitseville eikä työntekijöiltä kerätä säännöllistä palautetta tuotantoon tai henkilökohtaisiin asioihin liittyen.

Tieto on valtaa. Ja siksi tietoa kannattaa jakaa kaikille, joille sillä on merkitystä. Onnistuneen tiedottamisen ydin on, että tieto on kaikilla, ja että *tieto on ymmärrettävää ja ymmärretty*. Näihin kolmeen asiaan täytyy tutkittavan firman tuotannossa panostaa. Tiedon jakamista toimihenkilöiden kesken muutenkin, kuin digitaalisesti, täytyy lisätä. Suullisesti on helpompi ja nopeampi selvittää asiat, kuin sähköisesti, ja suullisen kommunikoinnin aikana on helppoa kysyä lisää, jos on jotain epäselvää. Toimihenkilöiden täytyy ymmärtää, että tekstiviestit eivät ole järkevä tapa välittää informaatiota. Viimeinen ohje liittyy arvailuun ja epäsuoraan kommunikointiin. Kun tulee asiaa henkilölle tai kysyttävää häneltä, puhutaan henkilölle suoraan, eikä laiskasti arvailla mitä tehdä seuraavaksi tai käytetä välikäsiä kommunikoinnissa, jos ei ole pakko. Välikäsi ei välttämättä ole tietoinen asiasta, ja hän saattaa vääristellä asiaa, kun kertoo sitä eteenpäin. Jos kasvokkain kysyminen tuntuu raskaalta, voi käyttää puhelinta hyväksi, mutta arvauksia ei saa tehdä.

Tiedon tallentaminen on tärkeä osa informaation käsittelyä. Digitaalisen tiedon saa järjestelmällisesti tallennettua pilveen, verkkolevyille ja sähköpostiin, mutta se hukkuu ja unohtuu helposti, koska päivittäin saadun tiedon määrä on valtava. Siksi tärkeimmälle tiedolle, jonka muistaminen on kriittistä, voi tehdä tallennusta käyttäen muistutuksia,

muistilappuja ja muita visuaalisia apuja, kuten valkotaluja, joille jättää tiedon, jos vastaanottaja ei ole saatavilla. Myös työnjohtajia voi käyttää tiedon tallentamisessa. Kun toimihenkilöillä tulee asiaa tuotannon työntekijöille, asian voi, ja se kannattaa, välittää työnjohtaja kautta tai myös työnjohtajalle. Siten yksi ihminen enemmän tietää asiasta ja voi tarvittaessa informoida ja auttaa muita alaisiaan sen tiimoilta.

Visuaalinen ohjaus on tapa johtaa yritystä, mutta myös samalla jakaa tietoa. Visuaalisen ohjauksella työntekijöille jaetaan informaatiota erilaisilla visuaalisilla välineillä koskien tuotantoa ja yritystä. (Liff & Posey 2004.) Välineitä ovat esimerkiksi informaatiotaulut, kuten aiemmin mainittu valkotalu, ja näyttöpäätteet. Hyvin yleisesti käytetty visuaalisen ohjauksen muoto on tuotannonohjaustaulu. Tuotannonohjaustaululla voidaan jakaa sen hetkistä valmistusta koskevaa tietoa, kuten toimituspäiviä, kuinka monta päivää toimitukset ovat myöhässä, osien saapumispäiviä ja niin edelleen (kuva 13). Taululle voi myös laittaa tuottavuus ja tehokkuuslukuja näkyviin kannustimiksi. Lukujen täytyy olla tietenkin oikein mitattuja ja reaaliaikaisia, jotta ne voidaan esittää. Taulu voi olla fyysinen, mutta digitaaliaikana mieluummin digitaalisessa formaatissa ja etäältä tuotannon toimihenkilöiden päivitettävissä.

YRITYS X					
Tilaus	Tuote	Toimitus (pvm)	Myöhässä (päiviä)	Lisätietoja	

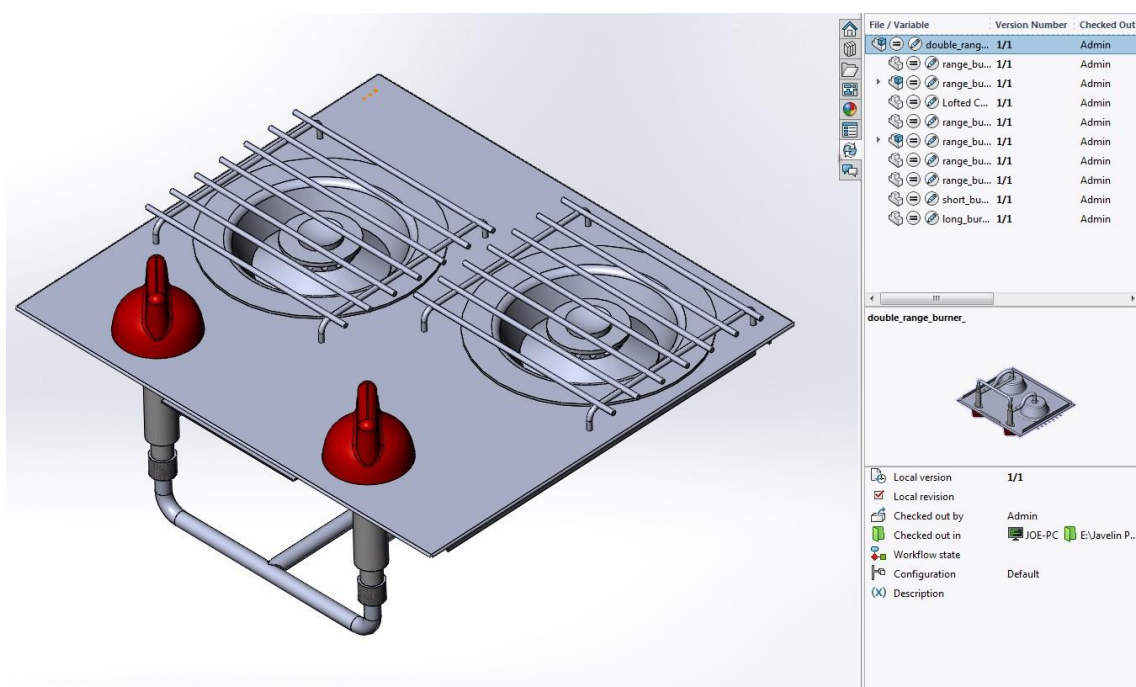
Kuva 13. Esimerkki tuotannonohjaustaulusta.

Palaverit ovat helposti sivuutettuja kommunikoinnin mahdollistajia. Niitä voidaan hyödyntää tiedon jakamisessa isolle ryhmälle tai pienelle ydinporukalle. Palavereiden aikana tieto menee paremmin perille, kuin kiireisen tuotannon yhteydessä, koska niissä keskitytään ainoastaan informaation jakamiseen ja vastaanottamiseen. Säännölliset, viikoittaiset tapaamiset tuotannon toimihenkilöiden, tuotesuunnittelijoiden ja muutaman työntekijän kesken takaavat, että ajantasainen tieto saavuttaa tuotantoprosessiin kuuluvat osastot ja työntekijät. Samalla tuottavuus kasvaa, kun kaikki ovat perillä siitä, mitä pitää tehdä. Palavereita voi pitää, vaikka ei olisi edes mitään informoitavaa. Tällöin on ainakin annettu mahdollisuus kommunikoinnille. Yksi palaveri voi keskittyä yhteen tai useampaan aiheeseen, joita ovat esimerkiksi tuotantotilanteeseen ja tuleviin viikkoihin, laatuvirheisiin,

aloitteisiin sekä työntekijöiden työmoraaliin liittyvät asiat. Työntekijöiden palautteet koskien tuotettua laatua ja työoloja auttavat toimihenkilöitä ja suunnittelijoita toimimaan paremmin ja parantavat tuottavuutta. On muistettava, että avoimen kommunikoinnin saavuttaa vain, jos yrityksessä on avoin ilmapiiri, ja vielä paremmin, jos avoimuus on osa yrityskulttuuria.

6.5 Tuotetietojen ja -muutosten hallinta

Tuotetiedot ovat nimensä mukaisesti tietoja tuotteista, osista ja niiden valmistuksesta. Tuotetietojen hallinta tai PDM (*product data management*) on tuotetietojen järkevää ja keskitettyä säilytystä ja päivittämistä tuotannon sujuvana ja selkeänä pitämistä varten. Hallintaan on saatavilla ohjelmistoja eri valmistajilta. Bryan & Sackett (1997) luettelevat useita hyötyjä, joita tuotetietojen hallinnasta voi saada: tuotteisiin tulee vähemmän muutoksia ja muutosten tekeminen on halvempaa, tuotemuutokset vievät vähemmän aikaa, projektit vievät vähemmän aikaa, uusien tuotteiden suunnittelut vievät vähemmän aikaa, varastot ja KET saadaan mahdollisimman pieniksi, kun varastoissa on vain sitä mitä pitäisi olla, ja valmistuksen hukka ja virheet vähenevät, kun on ajantasainen tieto saatavilla vain yhdessä säilytyspaikassa. PDM auttaa kaksikon mukaan myös mallipohjaisessa suunnittelussa. Haapasalo ja kumppanit (2009) lisäävät, että tuotetietojen hallinta nopeuttaa tilaus-toimitus -prosessia, pienentää tuotetietojen hallintaan meneviä kustannuksia ja nopeuttaa tietojen löytämistä sekä päivittämistä. Myös päällekkäisyydet suunnittelussa ja useiden erilaisten versioiden tahattomat valmistukset poistuvat.



Kuva 14. PDM-ohjelmiston käyttöliittymäesimerkki (Javelin Technologies Inc. 2017).

Yrityksen ongelmat tuotetietojen kanssa eivät synny niiden hallinnasta, vaan ylläpidosta. Tuotteisiin tulee jatkuvasti muutoksia, mikä tarkoittaa, että tuotantoprosessissa tarvitaan jatkuvia muutoksia, jotta tuotteet saadaan valmistetuksi. Samalla tuotannonsuunnittelijoiden ja -ohjaajien työ vaikeutuu, kun hallittavana on monen eri sukupolven osia ja tuotteita. Muutokset valmistuksessa (erityisesti koneistamossa) tarkoittavat ylimääräisiä asetuksia ja opettelua, jotka puolestaan tarkoittavat ylimääräisiä kuluja. Helposti huomautta jään se, että varaosien valmistus tai hankkiminen voi tulla kalliiksi, jos jokaisella asiakkaalla on erilainen tuote. Tuotetiedoissa, piirustuksissa ja valmistuskuvissa, joita nimikkeitä varten on aikojen saatossa tehty, mutta ei päivitetty, on myös vanhentunutta tietoa. Osia tai valmistustyötä nimikkeisiin on voinut poistua tai tulla lisää, ja näistä koituu turhia kuluja ja hidasteita tuotantoon.

Ylimääräistä työtä tuotantoprosessiin tuovat kehitysasteella olevien tuotteiden valmistus. Osia, joiden suunnittelu on kesken, joudutaan kiireen tai tuotesuunnittelijan malttamattomuuden vuoksi alkaa valmistamaan, ja osien suunnittelu tehdään loppuun tuotannossa tuotantotyöntekijöiden toimesta. Tällä tavalla toteutetut suunnittelut eivät anna yhtä kestävää lopputulosta, kuin normaalit suunnittelijoiden tekemät suunnittelut, koska tuotantotyöntekijöillä ei ole tuotekehitykseen riittävää osaamista. Heidän tekemänsä ratkaisut ovatkin hätäratkaisuja. Hätäratkaisut joudutaan kuitenkin viemään takaisin tuotesuunnittelijoille ja muuttamaan ne sellaisiksi, että niitä voidaan varmasti käyttää kaikissa lopputuotteissa, joten on järkevämpää tehdä suunnitelmat täysin valmiiksi ennen niiden toteutusta. Näin tuotantoprosessi säästyy katkoilta ja tuottamattomalta työltä.

Kun nimikkeeseen tulee muutos tai se tulee tarpeettomaksi tuotemuutosten yhteydessä, jäävät vanhentuneet osat hyllyyn käyttämättömänä sitomaan pääomaa. Kun uusia osia ilmestyy varastoihin eikä vanhoja ei käytetä pois, tarvitaan lisää varastopaikkoja ja -tilaa. Nimikkeiden päivittyminen tiheään tarkoittaa myös sarjatuotannon mahdollisuuden poistumista, koska osat muuttuvat, ennen kuin niiden valmistuksessa päästään kunnolla vauhtiin, ja sitä, että niiden valmistuksen ulkoistamista, joka yleensä sopii vain suurelle osamäärälle, ei kannata aloittaa, koska nimikkeet ehtivät vanheta, ennen kuin ulkoistamisesta on tullut kannattavaa.

PDM-ohjelman täysipäiväisen käytön aloittaminen ja kaiken tiedon siirtäminen ohjelmaan on suositeltu ensimmäinen askel kohti rutiininomaista ja järkevää tuotetietojen hallintaa. Tiedot voi siirtämisen yhteydessä tai sen jälkeen päivittää vastaamaan haluttuja ja tuotannossa tarvittuja. Tämän jälkeen, kun tarkistaa ja päivittää tuotetietoja säännöllisesti, saavuttaa hyödyt, joita tuotetietojen hallinnasta kuuluu saavuttaa. Tärkeimpänä niistä tiettenkin se, että valmistuksessa ja hankintaa tekevillä henkilöillä on oikeat tiedot, jolloin osataan valmistaa ja hankkia oikeita asioita eikä tuhlaa aikaa ja rahaa. Tuotetietojen hallinnassa tulee käyttää hyväksi työntekijöiltä tullutta tuotteisiin kohdistuvaa palautetta, ja tuotesuunnittelijoiden tulee ilmoittaa tuotantoon, jos jonkin palautetta saaneen osan päivitys ei onnistu. Tuotannon työntekijöistä erityisesti kokoonpanijoilla on hyvä käsitys siitä, millaisia osien pitäisi olla mahdollisimman helposti kokoonpantavassa ja oikein toimivassa tuotteessa.

Pahasti kehitysasteella olevien tuotteiden ja osien valmistuksen täytyy loppua. Niissä on valmistusteknisiä haasteita, eikä ole järkevää tuhlaa resursseja niiden tekemiseen. Tuotanto ei ole oikea paikka tehdä tuotekehitystä, eikä suunnittelijoilla ole etuoikeutta valmistuttaa varsinaisen tuotannon välissä osia tai tuotteita vain kokeillakseen niiden toimivuutta ja tehdäkseen varmistuksia. Suunnittelutyö täytyy tehdä tunnollisesti loppuun asti, ja vasta sen jälkeen luodaan prototyypit suunnitelmista. Mallipohjaisen suunnittelun käyttöönottoa on syytä harkita, sillä sen avulla saataisiin digitaalisesti luotua ja testattua tuote, jolloin sen valmistuksessa ei teoriassa ilmenisi ongelmia.

Uusia nimikkeitä ei saa viedä harkitsemattomasti tuotantoon, vaan ne täytyy viedä systemaattisesti siten, että vienti aikataulutetaan, kesken olevat sarjat saadaan valmiiksi ja mahdollisesti vanhentuvat nimikkeet saadaan kulutettua varastosta ensin loppuun. Tällä tavoin säästetään kustannuksissa ja suunnitteluun menevässä ajassa. Samat asiat pätevät tuotemuutoksiin. Tilanteissa, joissa korvattava nimike on sarjatuotannossa, kannattaa miettiä erityisen tarkkaan muutosten tai uuden nimikkeen tärkeyttä. Sarjatuotantoa ei kannata keskeyttää sellaisen asian vuoksi, joka voi odottaa pidempiäkin aikoja, sillä keskeytykset ja asetusten tekeminen vievät aikaa ja rahaa. Mitä enemmän on tehty sarjassa nimikettä, sitä halvemmaksi yhden sarjan nimikkeen tekeminen on tullut. Tuotantopäällikköä, tuotannonsuunnittelijaa ja työnjohtajia täytyy konsultoida valmistustilannetta kos-

kien ennen muutoksia saavien osien valmistusten aloittamista. Muutostenhallintaa on käsitelty jonkin verran kirjallisuudessa, ja siihen kannattaa tutustua, jotta muutoksien tuoma haitta tuotannolle minimoituu ja muutokset saadaan nopeasti toteutettua.

7. JOHTOPÄÄTÖKSET JA KEHITYSSUUNNITELMIEN TOTEUTUS

Kehityskohteiden löytymisen jälkeen tutkimuksesta vaikutti tulevan täysi kaaos ja mitataan satoja sivuja, sillä kohteita löytyi todella paljon. Kun kohteiden joukosta rohkeasti rajasi pois vähemmän tärkeät aiheet, sai jäljelle jääneistä luotua hyvän pohjan tutkimukselle. Kehitettäväksi jääneiden asioiden aiheet kattavat koko tuotantoprosessin alusta loppuun ja hieman enemmänkin, ja esimerkiksi tuotannon työntekijöiden väliseen kommunikointiin liittyvän tarkastelun olisi voinut jättää jopa työn ulkopuolelle. Joka tapauksessa kysymykseen vastattiin, ja koko tuotantoprosessiin on ehdotettu kehityssuunnitelmaa, kun koko tuotantoprosessiin kehityssuunnitelmaa kysyttiin.

Tuotannonohjaukseen ja -suunnitteluun liittyvien kehityssuunnitelmien toteuttamisesta olisi eniten hyötyä tuotannolle. Työn alusta asti on ollut ideana saada järkeä tuotantoprosessiin, ja parhaiten sitä saa tuotannonsuunnittelulla ja -ohjauksella. Toinen tärkeä aihe, jolla on suuri vaikutus tuotantomääriin, on tuotannon hankinnat, mutta niihin ei ollut aikaa tai osaamista keskittyä tutkimuksessa kovin syvällisesti, eivätkä hankintoihin liittyvät kehitysehdotukset varmastikaan ole ne kaikkein parhaimmat. Myös uuden layoutin suunnitelmaa olisi voinut vielä hioa, vaikka on ymmärrettävää, että layoutsuunnitelmasta ei tule täydellinen, jos sen joutuu luomaan yhtä nopeasti, kuin tässä tutkimuksessa esitetty suunnitelma luotiin, ja ilman tarkkaa arvovirta-analyysia.

Tuotantoprosessin seuranta on aihe, johon yrityksen johdon ja muiden työntekijöiden tulisi keskittyä tarkemmin, kuin he nykyisin keskittyvät. Laadulla on suuri merkitys firman kannattavuudelle ja asiakastyytyväisyydelle, eikä laatuun keskittymistä saisi missään tapauksessa jättää unholaan. Prosessin seurantaan ja seurannan aloittamiseksi on annettu kehityssuunnitelma, jonka yrityksen päättäjät toivottavasti toteuttavat. Se on suunniteltu heidän puolestaan valmiiksi, joten puolet työstä on jo tehty. Diplomityöntekijällekin tulisi arvostettu olo, jos kehitysideoita käytettäisiin.

Tuotantoprosessin kehityssuunnitelma on kokonaisuutena laaja, mutta kaikki tehdyt kehitysehdotukset ovat toteutettavissa, ja vieläpä melko nopeasti. Suunnitelmat eivät käännä koko tuotantoprosessia pääläelleen tai pysäytä tuotantoa, ja valmistus jatkuu suunnitelmien toteutusvaiheen jälkeen pian normaalisti. Osa suunnitelmista on ainoastaan käytännöistä pois oppimista, ja niiden toteutus on kiinni vain työntekijöiden motivaatiosta. Huonona puolena tilanteessa on se, että kun prosessi ei muutu tai modernisoidu paljoa, tulevaisuudelle jää vielä kehitettävää. Tämä tutkimuksen tavoitteena on kuitenkin ollut valmistaa tuotantoprosessi nopeaa kasvua varten, ja siihen sopivia kehitysideoita on saatu nostettua esille. Jos tutkimusmenetelmiä olisi ollut enemmän ja menetelmien käyttö

laajempaa, tutkimus olisi voinut hieman paremman lopputuloksen. Kuten kaikilla tutkimuksilla, myös diplomityöllä on kuitenkin aikataulu, joka määrää tutkimusosuuteen käytettävän ajan ja osuuden laajuuden, eikä tästä aikataulusta voi paljoa poiketa.

Tutkittava yritys on hieman myöhässä tuotantoprosessinsa kehityksen kanssa, sillä valmistuksessa tekee jo nyt tiukkaa saada tuotteet lähtemään aikataulussa asiakkaalle. Tuotanto todennäköisesti kasvaa seuraavien vuosien aikana todella nopeasti, joten nyt on viimeiset hetket ehtiä tuomaan käytäntöön prosessia optimoivia kehityssuunnitelmia. Positiivista tilanteesta on se, että tuotannosta löytyy lähes kaikki tarvittavat resurssit valmiina, joten valtavia investointeja, paitsi laajennukseen, ei tarvitse tehdä, jos kehityssuunnitelmia lähdetään viemään eteenpäin toteutusvaiheeseen. Tämä ei tarkoita, että toteutus tulee olemaan helppo, ja etteikö toteutusta täytyisi suunnitella tai aikatauluttaa millään tavalla. Harmillista on, että toteutusta ei aloiteta tämän tutkimuksen teon aikana, joten toteutuksen raportointia ei tässä paperissa ole mukana.

Kehitystyöhön mukaan otettujen kehityskohteiden lisäksi tutkimuksen aikana saatiin aiemminkin mainitusti runsaasti muita pienempiä kehityskohteita. Niiden arvo on hyvin minimaalinen eikä niiden kehittämisellä olisi saavutettu suuria etuja, ainoastaan kustannuksia. Niitäkin varten on kuitenkin hyvin mahdollista luoda kehityssuunnitelmat, jos firman työntekijöistä alkaa tuntumaan, että jokin näistä pienistä kehityskohteista onkin kehittämisen arvoinen.

Työssä syntyi monenlaisia kehityssuunnitelmia, ja niistä on useampi sellainen, jonka toteuttamisesta voi aloittaa tämän kehitysprojektin toteutusvaiheen. Kun ottaa huomioon sen, että yrityksen kasvu on ollut ja tulee olemaan nopeaa, täytyy valita lähtökohdaksi sellainen kehityssuunnitelma, jolla saadaan poistettua kuormitusta firman tuotannosta, mutta saadaan silti asiakastilauksen lähtemään ajallaan. Tällainen suunnitelma on Make-or-Buy -analyysin tuloksena saatu polttoleikkeiden ostamisen aloittaminen. Sen kautta hitsaamon ja tuotannonsuunnittelijoiden työmäärää saadaan vähennettyä, ja voidaan aloittaa näihin kohdistuneiden kehityssuunnitelmien toteuttaminen. Kunnollisen aikataulu- tai laajemman tuotannonsuunnitteluohjelman käyttöönoton on hyvä tapahtua niin pian, kuin mahdollista. Vaikka tuotantomäärät eivät ole vielä suuret, valmistuksen työjärjestykset ovat jo hieman sekaisin, ja töitä valmistetaankin sen mukaan, mikä tuntuu järkevältä, ei aikataulun perusteella.

Aikataulutusuohjelma auttaa suunnittelemaan tuotantoa siten, että saadaan valmistettua mahdollisimman pitkiä sarjoja ilman keskeytyksiä. Se auttaa myös työnjohtajia hienokuormituksessa ja mahdollistaa joidenkin tuotannonohjaustoimien siirtämisen heille. Aikatauluohjelmiston hankkimisen jälkeen tuotannon toimihenkilöt voivat alkaa muuttamaan opittuja tuotannon suunnittelu- ja ohjaustapoja, jotta alati lisääntyvä valmistus pysyy hallinnassa ja toimitusvarmuus maksimissa. Layoutmuutoksen tekeminen olisi kannattavaa tehdä yhdessä muiden valmistukseen liittyvien muutosten kanssa, mutta toisaalta

se olisi hyvä ajoittaa hiljaisempaan ajankohtaan, jolloin mahdollisimman vähäiselle määrälle tilauksia annettaisiin mahdollisuus myöhästyä toimituspäivistä.

Tuotannon hankintoihin ja tuotantoprosessin seurantaan kohdistuvien kehityssuunnitelmien toteutukset vaativat todennäköisesti enemmän aikaa, kuin muiden suunnitelmien toteuttaminen. Tuotannon hankintojen organisointi tarvitsee hankintatoimen uudelleenmäärittelyn ja hankintamenetelmien ja -prosessien sekä toimittajien arviointien suunnittelun etukäteen sekä ohjesääntöjen laatimisen näille. Tuotantoprosessin seurannan kohdalla on sama tilanne edessä. Seuranta ja laadunvarmistus vaativat päätöksiä laatumittausten kohteista, mittausten toistuvuuksien säännöllisyyksistä ja mittaustulosten hyödyntämisestä. Näistä syistä hankintasuunnitelmat ja seurantasuunnitelmat on parasta toteuttaa kahdessa vaiheessa: suunnitelmat viedään jatkokehitykseen ja mietitään mainitut asiat kuntoon ja kaikki mahdollisimman pitkälle valmiiksi, ja sen jälkeen vasta toteutetaan ideat. Tällainen lähestymistapa hyvällä onnella nopeuttaa toteutusprosesseja ja hankinnat ja tuotantoprosessi eivät pysähdy tai hidastu liian pitkäksi aikaa.

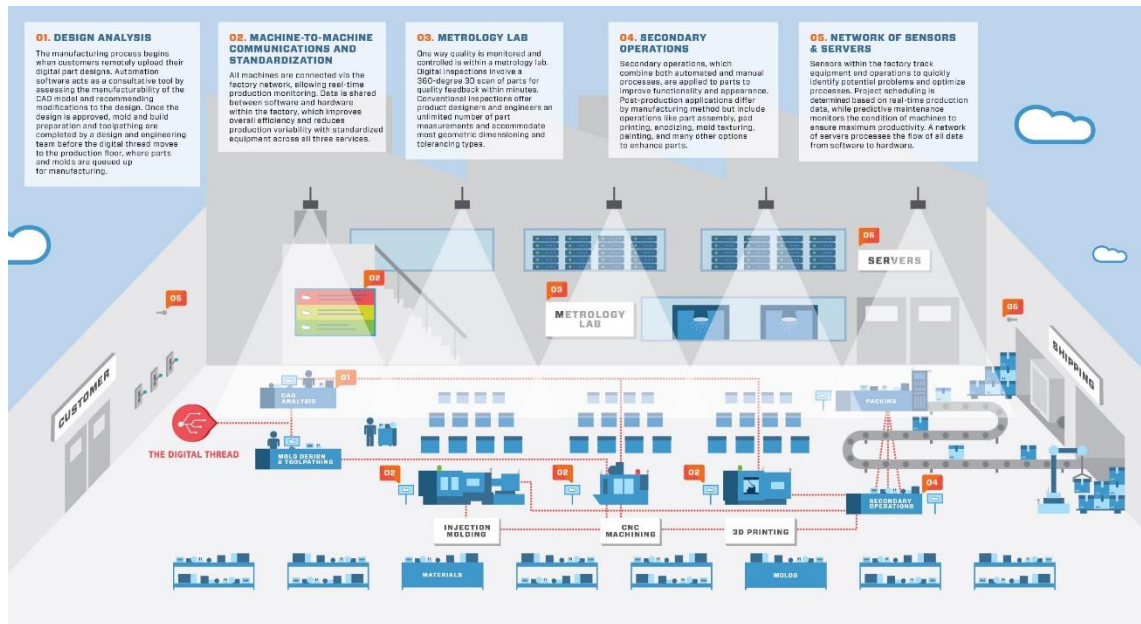
Muut annetut kehityssuunnitelmat koskien tuotetietoja, kommunikointia ja viestintää sekä toimenkuvia voi toteuttaa vähitellen ajan kuluessa. Ne eivät vaadi investointeja, vaan muutoshalukkuutta, irtautumista vanhoista opituista käytännöistä ja uusien parempien tapojen opettelua. Muutosten täytyy lähteä johtoportaasta, ja johtajien ja esimiesten täytyy painottaa alaisilleen, että muutos on joskus hyvistä ja pakollista.

8. JATKOKEHITYS TULEVAISUUDESSA

Pääasiallisten tutkimustulosten kanssa kehitystyössä nousi esille kehityskohteita, jotka voi toteuttaa myöhemmin kauempana tulevaisuudessa. Näihin kohteisiin ei tässä diplomityössä keskitytty kovin tarkasti, vaan ne jätettiin taka-alalle ja vähemmälle mietinnälle. Firman kasvu on ollut joka suhteessa todella nopeaa ja näyttää jatkuvan, ja tutkimuksessa löydettyjen kehityskohteiden korjaaminen onkin vain hyvä pohja tulevaisuuden tuotannonkehitykselle. Siksi jatkokehitystä tarvitaan sekä lähi-, että kaukotulevaisuudessa. Yksinkertaisin tapa vastata kysynnän kasvuun on työntekijämäärän lisääminen tai vuorotyön käyttöönotto. Lisäksi hankintojen lisääminen ja valmistuksen keskittäminen vain niihin osiin tai valmistusvaiheisiin, joita ei voi muualla teettää, helpottaisi tuotantoprosessin suunnittelua ja ohjausta ja poistaisi liiallisen kuormituksen, jota firman nykyisessä prosessissa paljon esiintyy.

Jos nykyistä prosessia haluaa optimoida nopeasti ilman, että lisää kapasiteettia, kannattaa keskittyä sivuoteiskijöiden testaukseen. Se ei itsessään ole pitkään kestävä työvaihe, mutta jos testauksessa löytyy ongelma, joudutaan testattava tuote purkamaan ja kasamaan uudelleen, ja nämä vaiheet sen sijaan vievät runsaasti aikaa. Testaukseen voisi kehittää laitteet, joilla testit voitaisiin tehdä ilman kaivinkonetta, ennen kuin iskijän alakerta eli vibrakotelo kiinnitetään yläkertaan eli runkoon.

Kun kasvun vauhdissa halutaan pysyä siten, että toimitusajat pysyvät entiseen tapaan lyhyinä, tarvitaan tulevaisuudessa uusi tuotannonsuunnitteluprojekti, ohjaustapojen arviointeja, resursseihin kohdistuvia investointeja ja koko tehtaan kattava layoutmuutos. Samalla kannattaa lisätä automaation sekä digitaalisuuden ja digitaalisen hallinnan määrää yrityksessä. Digitaalisuus voi sisältää esimerkiksi joidenkin osien 3D-tulostusta, automaattivarastoja ja joustavia valmistusjärjestelmiä. Viimeinen on sitä kannattavampaa hankkia, mitä enemmän on sarjatuotantoa. Kuvassa 15 on esitetty piirros modernista tehtaasta. Uuden tuotannonsuunnittelijan tai -kehittäjän palkkaamista tavoitteiden saavuttamiseksi kannattaa harkita.



Kuva 15. IoT:tä hyödyntävä tehdas (Protolabs 2017).

Yrityksellä on hyvät mahdollisuudet laajentaa markkinoitaan tai siirtyä valmistavasta yrityksestä teknologiayritykseksi ja keskittyä tuotteiden ja niiden ohjausjärjestelmien kehittämiseen, ja sitä kautta siirtyä palvelemaan muitakin teollisuudenaloja rakennusteollisuuden lisäksi. Rakentaminen on tällä hetkellä muodissa, ja se vaikuttaa yrityksen myyntiin positiivisesti, mutta täytyy muistaa, että trendit vaihtuvat, ja rakentaminen ja paalutuskoneiden menekki saattavat vähentyä yhtä nopeasti, kuin ne ovat kasvaneet. Esimerkiksi metsänhoidossa ja hedelmien viljelyssä käytetään samantyyppisiä koneita, joita yritys valmistaa.

Tukeakseen jatkuvaan kasvuun sopeutumista, yrityksen kannattaa vakavasti miettiä lean työkalujen käyttöä tuotannossaan. Työkaluista voi ottaa käyttöön vain osan, ja käyttöönoton voi tehdä vaiheittain, jotta tuotantoympäristöön ei tule kerralla liikaa muutoksia. Leanin käyttöönotto on helpointa aloittaa 5S:n sisällyttämisestä valmistukseen, eli työpisteen pitämisestä siistinä sekä siistimisen ja järjestelemisen jalkauttamisesta päivittäiseen tuotantoon. Siitä on helppo jatkaa koko tehtaan ja erityisesti varastojen siistinä pitämiseen. Kun paikat ovat järjestyksessä, on helpompi siirtyä muiden lean-menetelmien käyttöön. Vähitellen voi mennä kohti JIT-valmistusta, ja alkaa enemmän ja enemmän ohjaamaan tuotantoa tilausten perusteella. Kun nämä leanin perusteet ovat kunnossa, firmasta ei puutu enää kuin jatkuvan parantamisen ilmapiiri. Lean vaatii sitoutumista laadunhallintaan ja oikeaoppiseen mittaamiseen ja mittaustulosten hyödyntämiseen, eikä leanista olekaan hyötyä, jos laatu on yrityksessä pelkkä sana. Kun edellinen ja muut kehityskohteina mainitut asiat ovat kunnossa, voi leania alkaa ottamaan yrityksessä käyttöön.

Myös tuotteiden ulkomuotoihin liittyviä kehitysideoita ja mahdollisia tarkastelun kohteita tulevaisuuden tuotekehityksessä ilmeni tutkimuksen aikana. Täytyy kuitenkin pitää mielessä, että tuotteet on suunniteltu ja hiottu tarkoituksiinsa, joten valtavat muutokset niihin tai DFA (*design for assembly*) ja DFM (*design for manufacturing*) eivät ole ensimmäisenä toteutuslistalla, kun tuotantoprosessin kehittämistä aletaan käynnistämään oikeasti.

Tuotteiden rakenteet

Yrityksen tuotteet ovat jo nyt isoja ja monimutkaisia, mutta niiden koot kasvavat edelleen ja samalla lisääntyy niiden monimutkaisuus ja osien lukumäärä. Suuri koko tarkoittaa paalutuskoneista puhuttaessa suurta massaa, monimutkaisuus tarkoittaa valmistushaasteita ja varastotilaa osille. Massaa on vaikea vähentää, mutta joitain keinoja siihen on. Tavallisin tapa on optimoida tuotteen runkorakenteet siten, että ne ovat mahdollisimman kevyitä, mutta kestäviä. Optimointi voi tapahtua esimerkiksi lujuuslaskennan mahdollistavan ohjelman avulla. Rakenteiden täytyy olla sellaisia, että ne pystytään hitsaamaan, koneistamaan ja kokoonpanemaan ongelmitta, jolloin saavutetaan mahdollisimman nopea läpimenoaika. Esimerkiksi alumiinilla ja sen oikeanlaisella muotoilulla voidaan saada aikaan kestäviäkin rakenteita. Toinen hieman harvinaisempi ja kalliimpi rakennusmateriaali on titaani.

Rakenteiden optimoinnin yhteydessä täytyy ottaa huomioon niiden valmistettavuus ja kokoonpantavuus, ja nekin täytyy optimoida. Hitsausta ja ruuvikiinnityksiä voi vähentää ja taivutuksia ja nopeampia kiinnitystapoja (klipsit, sokat jne.) lisätä. Samalla osien määrä ja monimutkaisuus tuotteissa vähentyvät. Monimutkaisuuden poistamista voi tehdä suunnittelemalla osista idioottivarmoja eli sellaisia, että ne voi asentaa koneisiin, miten päin tahansa. Parhaassa tapauksessa läpimenoajasta saadaan entistäkin lyhyempi ja tilausohjaus muuallakin, kuin kokoonpanossa, mahdolliseksi.

Osien määrää ja tuotteiden monimutkaisuutta voi vähentää myös variaatioiden määrän vähentämisellä. Esimerkiksi sivuoteiskijöitä löytyy yrityksen katalogista yli kymmentä erilaista mallia, joiden valmistuksessa käytetään modulaarisuutta hyväksi. Yli kymmenen näitä ja muut koneet ja leukavaihtoehdot siihen päälle tarkoittavat lukuisia erilaisia osia. Modulaarisuutta voisi entisestään lisätä tai tuotteiden ulkonäköjä yhtenäistää, jolloin erilaisia osia ja hyllytilaa varastointiin tarvitaan vähemmän. Nämä puolestaan helpottavat varastonhallintaa ja ylläpitoa. Variaatioiden vähentäminen auttaisi yritystä keskittymään pienempään joukkoon tuotteita, mikä standardoisi tuotantoprosessia ja parantaisi laatua tuotekehityksen keskittyessä pienempään tuotteiden kirjoon.

9. YHTEENVETO

Tutkittavalla tuotantoprosessilla on kehityksen tuomien muutosten avulla erittäin hyvät mahdollisuudet selviytyä vielä pitkään nykyisessäkin koossa. Paremmat mahdollisuudet sillä tietenkin on, jos sitä kasvatetaan tulevaisuutta varten. Paljon on kiinni yrityksen *päättäjien halukkuudesta* aloittaa kehitysprojekteja ja investoida niihin. Firma on turbulenttisessa vaiheessa aikuistumisessaan, joten kehitystä tarvittaisiin, jotta turbulenttisuus saadaan poistettua. Turbulenttisessa tilassa kehitykseen investointi saattaa toisaalta olla kuin rahan polttamista, sillä ikinä ei tiedä millaisessa kunnossa yritys poistuu tilasta.

Diplomityöraportti on heittänyt ajatuksia ilmoille, ja niihin täytyy enää tarttua kiinni. Tärkeintä on, että yrityksen johto ja toimihenkilöt ottavat kehityssuunnitelman vakavasti ja ymmärtävät sen tärkeyden sekä painavat joitain asioita siitä mieleensä, vaikka eivät suunnitelmaa lähtisikään lähitulevaisuudessa viemään kokonaisuudessaan eteenpäin. Mutta mainittakoon, että erityisesti tuotannonsuunnitteluun ja -ohjaukseen, hankintaan, valmistusoperaatioihin sekä tuotantoprosessin seurantaan liittyvillä kehitysehdotuksilla voitaisiin vaikuttaa huomattavasti tuotantoprosessin toimintaan. Eikä kilpailussa mukana pysymiseen riitä aloilleen asettuminen tai omaan osaansa tyytyminen ja kehittämättä jättäminen.

Jo pelkästään tutkimuksen aihe ”Tuotantoprosessin analysointi ja kehitys” luo varmasti oikean mielikuvan työn sisällöstä. Prosessia ei kehityssuunnitelmilla voi kääntää pälaeläen, mutta niistä on hyötyä. Prosessia on analysoitu ja siitä on etsitty ja löydetty ongelmakohtia, jotka poistamalla prosessi saadaan vastaamaan nykykysyntään. Koska tutkimus on vain pieni tutustuminen tuotantoprosessiin, tulee yrityksen vastaisuudessa tuotannon jatkumiseksi:

- kyseenalaistaa toimintansa
- olla tyytymättä heikkouksiin
- luottaa kasvuun
- ottaa riskejä.

Tuotemuutosten yhteydessä mainittiin muutostenhallinnasta, joka on tärkeää myös kehityssuunnitelmaa toteutettaessa. Tuotantoprosessin kehityksen käytäntöönpano on aikaa vievä prosessi, joka ei saisi keskeyttää valmistusta ja osien ja tuotteiden läpimenoa. Siksi viimeistään ennen toteutusvaihetta on kaikkien toteutusvaiheessa mukana olevien hyvä tutustua muutostenhallintaa koskevaan teoriaan. Yksi esimerkki teoriasta löytyvästä teoksesta on Bentleyyn (2017) *Choosing to Change: An Alternative Understanding of Change Management*. Mitä paremmin tuotantoprosessin kehityssuunnitelman toteutuksen suunnittelee, sitä huomaamattomampi ja nopeampi toteutusvaiheesta tulee.

LÄHTEET

Alvarado, A., García J. (2012). Problems in the implementation process of advanced manufacturing technologies, *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, Vol. 64 (1-4), p. 123.

Baily, P., Farmer, D. (1990). *Purchasing principles and management* (6th edition), Pitman Publishing, pp. 1-203.

Bank, J. (2000). *The essence of total quality management* (2nd edition), Pearson Education, 259 p.

Banks, E. (2010). *The Palgrave Macmillan Dictionary of Finance, Investment and Banking*, Palgrave Macmillan, pp. 441-442.

Beamon, B. (1999). Measuring supply chain performance, *International Journal of Operations & Production Management*, Vol. 19 (3), pp. 275-292.

Bengtsson, L., Dabhilkar, M. (2009). Manufacturing outsourcing and its effect on plant performance – lessons for KIBS outsourcing, *Vol. 19 (2)*, pp. 231-257.

Bentley, D. (2017). *Choosing to Change: An Alternative Understanding of Change Management*, Routledge, 118 p.

Bellgran, M., Säfsten, K. (2010). *Production development – Design and Operation of Production Systems*, Springer-Verlag, 335 p.

Bhasin, S. (2015). *Lean Management Beyond Manufacturing: A Holistic Approach*, Springer International Publishing, pp. 1-149.

Bogetoft, P. (2012). *Performance Benchmarking – Measuring and Managing Performance*, Springer Science+Business Media, p. 44.

Borkowski, S., Knop, K. (2016). Challenges Faced in Modern Quality Inspection, *Management and Production Engineering Review*, Vol. 7 (3), pp. 11-22.

Boyd, L., Gupta, M. (2008). Theory of constraints: a theory for operations management, *International Journal of Operations & Production Management*, Vol. 28 (10), pp. 991-1012.

Bras. B., Emblemvåg, J. (2000). Process thinking – a new paradigm for science and engineering, *Futures*, Vol. 32 (7), pp. 635-652.

Bremer, C., Dumitrescu, R., Friebe, T., Kühn, A., Trächtler, A. (2015). Model-based development of products, processes and production resources – A state-oriented approach for an integrated system model of objects, processes and systems, *Automatisierungstechnik*, Vol. 63 (10), p. 848.

Brodersen, S., Böhmer, G., Davis, S., Siemens AG. (2017). Digitalization sparks a quiet revolution, *World Pumps*, Vol. 2017 (5), pp. 28-31. Saatavissa [11.12.2017]: <http://www.worldpumps.com/waste-wastewater/features/digitalization-sparks-a-quiet-revolution/>.

Bryan, M., Sackett, P. (1997). The point of PDM, *Manufacturing Engineer*, Vol. 76 (4), p. 162.

Bucăța, G., Rizescu A. (2017). The Role of Communication in Enhancing Work Effectiveness of an Organization, *Land Forces Academy Review*, Vol. 22 (1), pp. 49-57. Saatavissa [12.12.2017]: http://www.armyacademy.ro/reviste/rev1_2017/Bucata.pdf.

Bulfin, R. Jr., Sipper, D. (1997). *Production: Planning, Control, and Integration*, McGraw-Hill, 630p.

BusinessDictionary. (2018). Cellular manufacturing. Saatavissa [16.2.2018]: <http://www.businessdictionary.com/definition/cellular-manufacturing.html>.

Byrne, M., Contreras L., Rich, N., Sarmiento R. (2007). Delivery reliability, manufacturing capabilities and new models of manufacturing efficiency, *Journal of Manufacturing Technology Management*, Vol. 18 (4), pp. 367-386.

Carty, S. (2017). AI: Rise of the machines?, *Occupational Health & Wellbeing*, Vol. 69 (7), pp. 20-21.

Casadesus, M., Ciurana, J., Ferrer, I., Garcia-Romeu, M.L. (2008). A model for integrating process planning and production planning and control in machining processes, *Robotics and Computer-Integrated Manufacturing*, Vol. 24, (4), pp. 532-544.

Chambers, S., Johnston R., Slack, N. (2010). *Operations management* (6th edition), Pearson Education, pp. 177-428.

Chiru, G., Constandache, N. (2015). Balanced Scorecard: Organizational performance management instrument, *EuroEconomica*, Vol. 34 (2), pp. 97-111. Saatavissa [16.11.2017]: <http://journals.univ-danubius.ro/index.php/euroeconomica/article/view/3067/3044>.

Collapick Company Oy. (2018). Ponniste. Saatavissa [13.2.2018]: <https://www.collapick.com/fi/ponniste>.

- Gagnon, M., Leschinsky, R., Michael, J. (2006). Production employee performance at a furniture manufacturer, *Forest Products Journal*, Vol. 56 (6), pp. 19-24.
- Groover, M. (2008). *Automation, Production Systems and Computer-Integrated Manufacturing* (3rd edition), Pearson Prentice-Hall, 815 p.
- Haapasalo, H., Härkönen, J., Kropsu-Vehkaperä, H., Silvola, R. (2009). Product data management in high-tech companies, *Industrial Management & Data Systems*, Vol. 109 (6), p. 764.
- Harmon, R., Peterson, L. (1990). *Reinventing the factory: productivity breakthroughs in manufacturing today*, The Free Press, pp. 1-303.
- Henderson, B. (1968). *The Experience Curve*, The Boston Consulting Group. Saatavissa [17.2.2018]: <https://www.bcg.com/publications/1968/business-unit-strategy-growth-experience-curve.aspx>.
- Hopp, W., Spearman M. (2000). *Factory Physics: Foundations of Manufacturing Management* (2nd edition), McGraw-Hill, 698 p.
- Iansiti, M., Lakhani, K. (2014). Digital Ubiquity: How Connections, Sensors and Data Are Revolutionizing Business, *Harvard Business Review*, Vol. 92 (11), pp. 90-99.
- Jena, B., Kalra, S., Pathak, V. (2013). Qualitative research, *Perspectives in Clinical Research*, Vol. 4 (3), p. 192. Saatavissa [2.4.2018]: <http://www.picronline.org/article.asp?issn=2229-3485;year=2013;volume=4;issue=3;spage=192;epage=192;au-last=Pathak>.
- Jusko, J. (2013). *A Journey Towards World Class Manufacturing*, *Material Handling & Logistics*. Saatavissa [6.2.2018]: <http://www.mhlnews.com/facilities-management/journey-towards-world-class-manufacturing>.
- Kenyon, G., Sen, K. (2014). *The Perception of Quality: Mapping Product and Service Quality to Consumer Perceptions*, Springer-Verlag, 265 p.
- Kara, S., Kayis, B. (2004). Manufacturing flexibility and variability: an overview, *Journal of Manufacturing Technology Management*, Vol. 15 (6), pp. 466-478.
- Khojasteh-Ghamari, Y. (2008). A performance comparison between Kanban and CON-WIP controlled assembly systems, *Journal of Intelligent Manufacturing*, Vol. 20 (6), p. 751.
- Kubanov, J., Kubasakova, I., Poliakova, B. (2015). ABC Analysis in the Manufacturing Company, *Applied Mechanics and Materials*, Vol. 803 (803), pp. 33-38.

Liff, S., Posey, P. (2004). Seeing Is Believing: How the New Art of Visual Management Can Boost Performance Throughout Your Organization, American Management Association, p. 4.

Little, J. (2011). Little's Law as Viewed on Its 50th Anniversary, Operations Research, Vol. 59 (3), pp. 536-549.

Mack, F. (2004). Keep Manufacturing Alive with Automation, Manufacturing Engineering, Vol. 133 (5), p. 104.

Maskell, B. (1991). Performance measurement for world class manufacturing: a model for American companies, Productivity Press, pp. 19-22.

Medeiros, J. (2017). Solidworks PDM Standard Client, Javelin Technologies Inc. Saatavissa [29.1.2018]: <https://www.javelin-tech.com/blog/2015/11/solidworks-pdm-standard-client/>.

Movax Oy. (2017). Products and services. Saatavissa: [8.1.2018]: <https://www.movax.com/en-GB/products-and-services/pile-drivers/>.

Protolabs, Inc. (2017). Smart Manufacturing: How the Industrial Internet of Things is Enabling Factories of the Future. Saatavissa [21.2.2018]: <https://www.protolabs.com/resources/blog/smart-manufacturing-how-the-industrial-internet-of-things-is-enabling-factories-of-the-future/>.

Rowley, J. (2012). Conducting research interviews, Management Research Review, Vol. 35 (3), p. 262.

Rudman, R., Sexton, N. (2016). The Internet of Things, Accountancy SA, pp. 22-23.

Rusănescu, M. (2014). ABC Analysis, Model for Classifying Inventory, Hidraulica, Vol. 7 (2), pp. 17-20.

Santos, J., Torres, J., Wysk, R. (2006). Improving Production with Lean Thinking, John Wiley & Sons, pp. 1-10.

Skinner, W. (1969). Manufacturing – missing link in corporate strategy, Harvard Business Review, Vol. 47 (3), pp. 136-145. Saatavissa [15.11.2017]: <https://hbr.org/1969/05/manufacturing-missing-link-in-corporate-strategy>.

Stevenson, W. (2007). Operations management (9th edition), McGraw-Hill, 903 p.

Stoffels, P., Vielhaber, M. (2014) Product Development vs. Production Development, Vol. 21 (24th CIRP Design Conference), p. 255. Saatavissa [15.11.2017]: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2212827114006829>.

Tunca, B., Karabay, G., Kulseren, G. (2017). ABC Analysis in a Clothing Company, Annals of the University of Oradea: Fascicle of Textiles, Vol. 18 (1), p. 221. Saatavissa [14.12.2017]: <http://textile.webhost.uoradea.ro/Annals/Vol%20XVIII-No1-2017/Management/Art.nr.%20246-pag.%20221-224.pdf>.

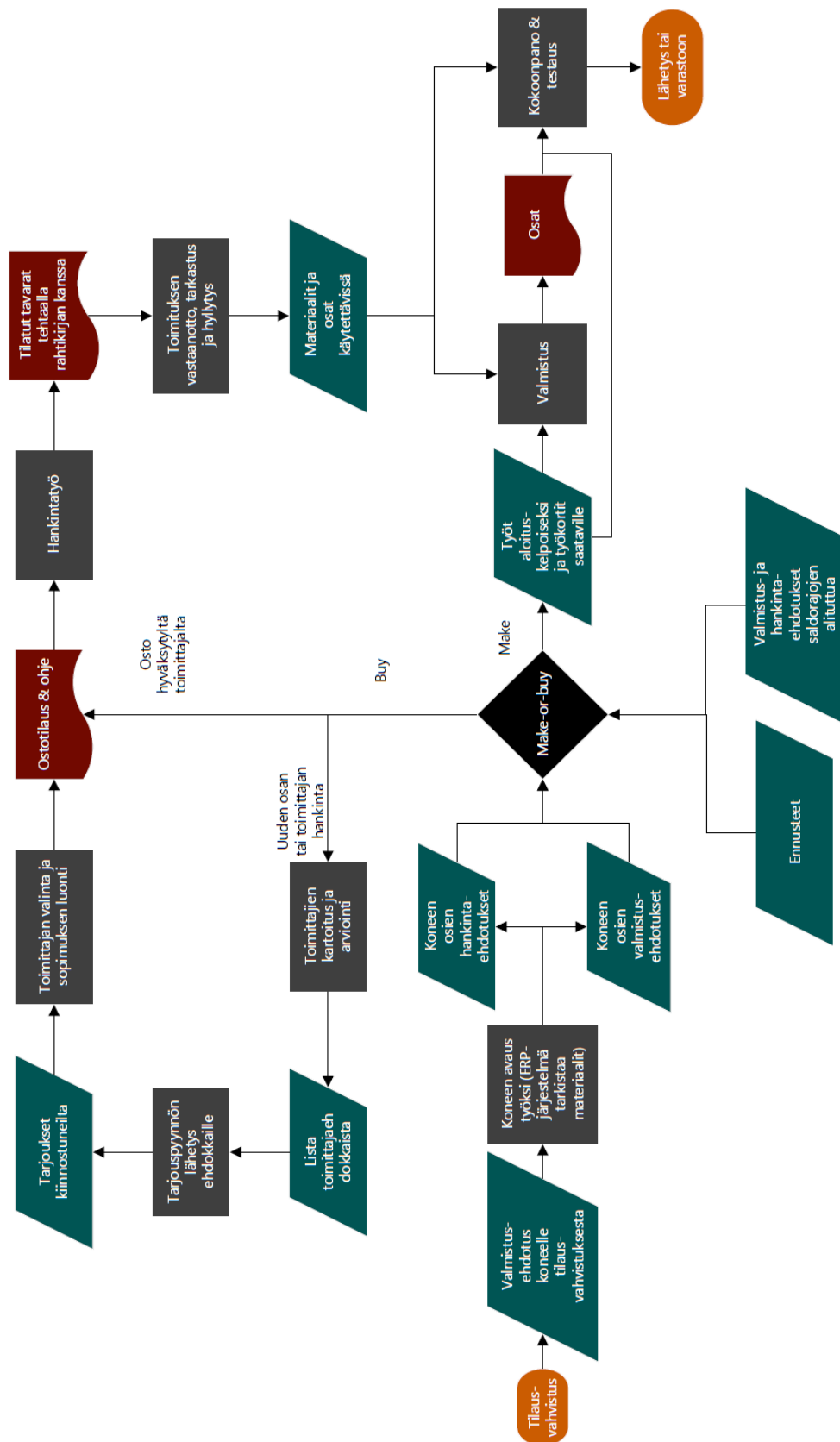
Vinel, A., Wang, L., Xia, F., Yang, L. (2012). Internet of Things, International Journal of Communication Systems, Vol. 25 (9), p. 1101.

Weele, A. (2010). Purchasing and Supply Chain Management: Analysis, Strategy, Planning and Practice (5th edition), Cengage Learning EMEA, pp. 1-206.

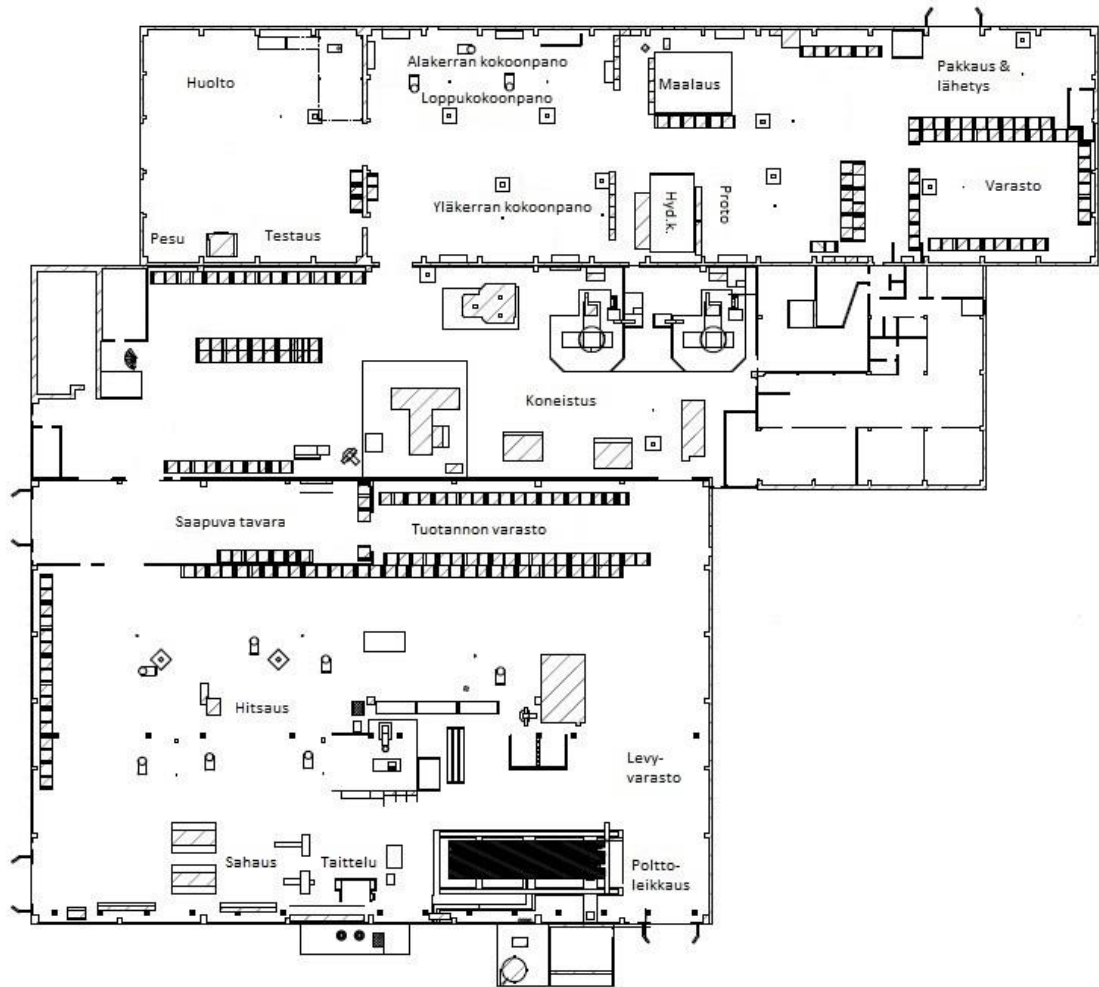
Wilson, L. (2015). How to implement lean manufacturing, McGraw-Hill Education, pp. 133-167.

Zhou, J. (2013). Digitalization and intelligentization of manufacturing industry, Advances in Manufacturing, Vol. 1 (1), pp. 1-7.

LIITE A: TILAUS-TOIMITUS -KAAVIO

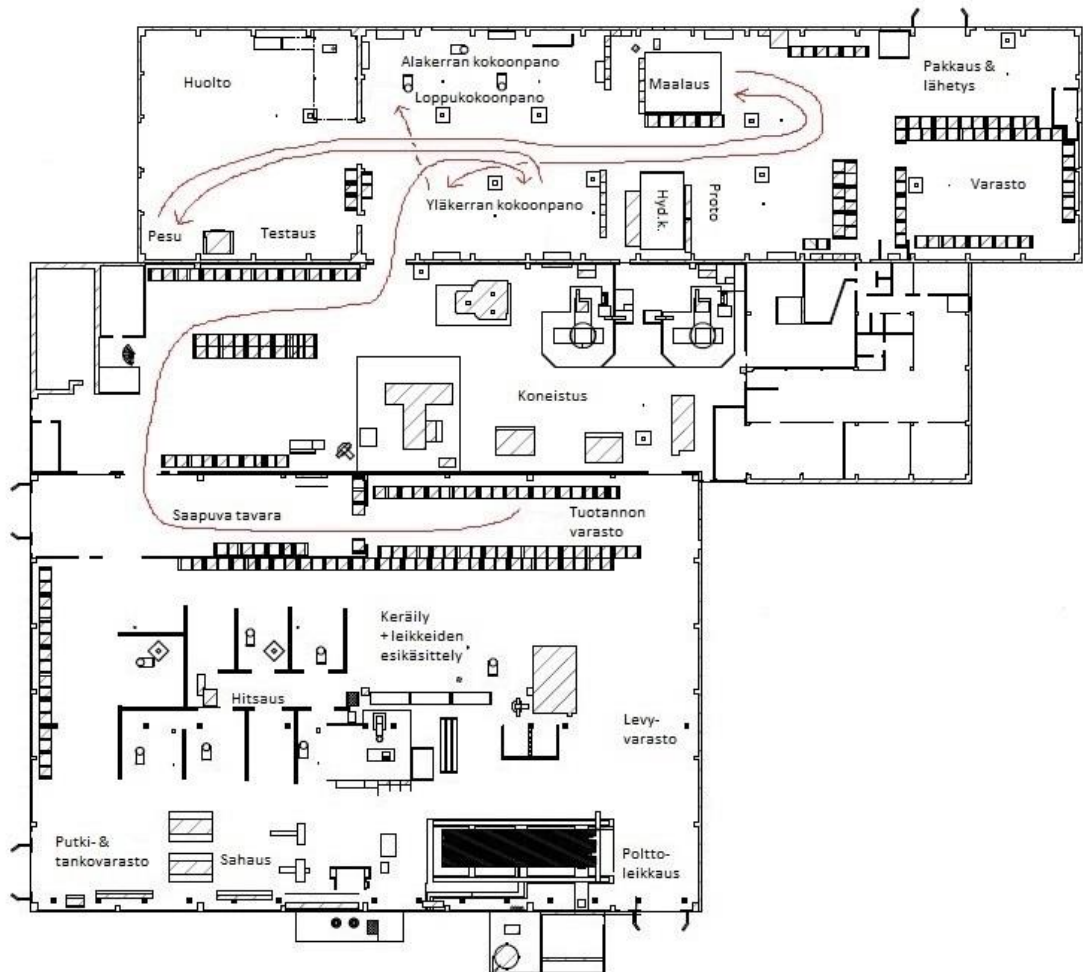


Kuva 16. Tutkittavan tuotantoprosessin kulku tilausvahvistuksesta toimitukseen.

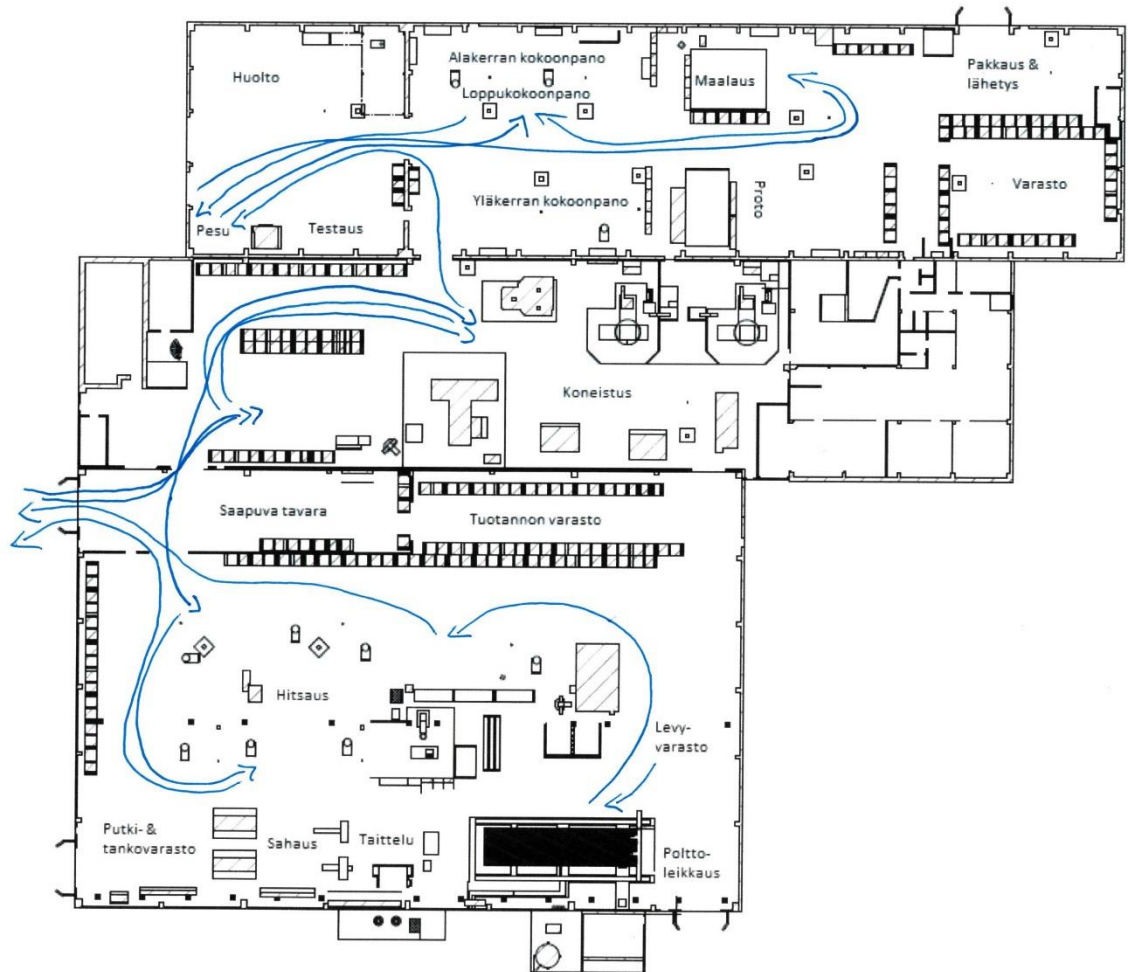
LIITE B: TARKASTELTAVAN TUOTANNON LAYOUT

Kuva 17. Tehtaan pohjakuva.

LIITE C: TUTKITTAVAN TUOTANTOPROSESSIN MATERIAALI- VIRTOJA

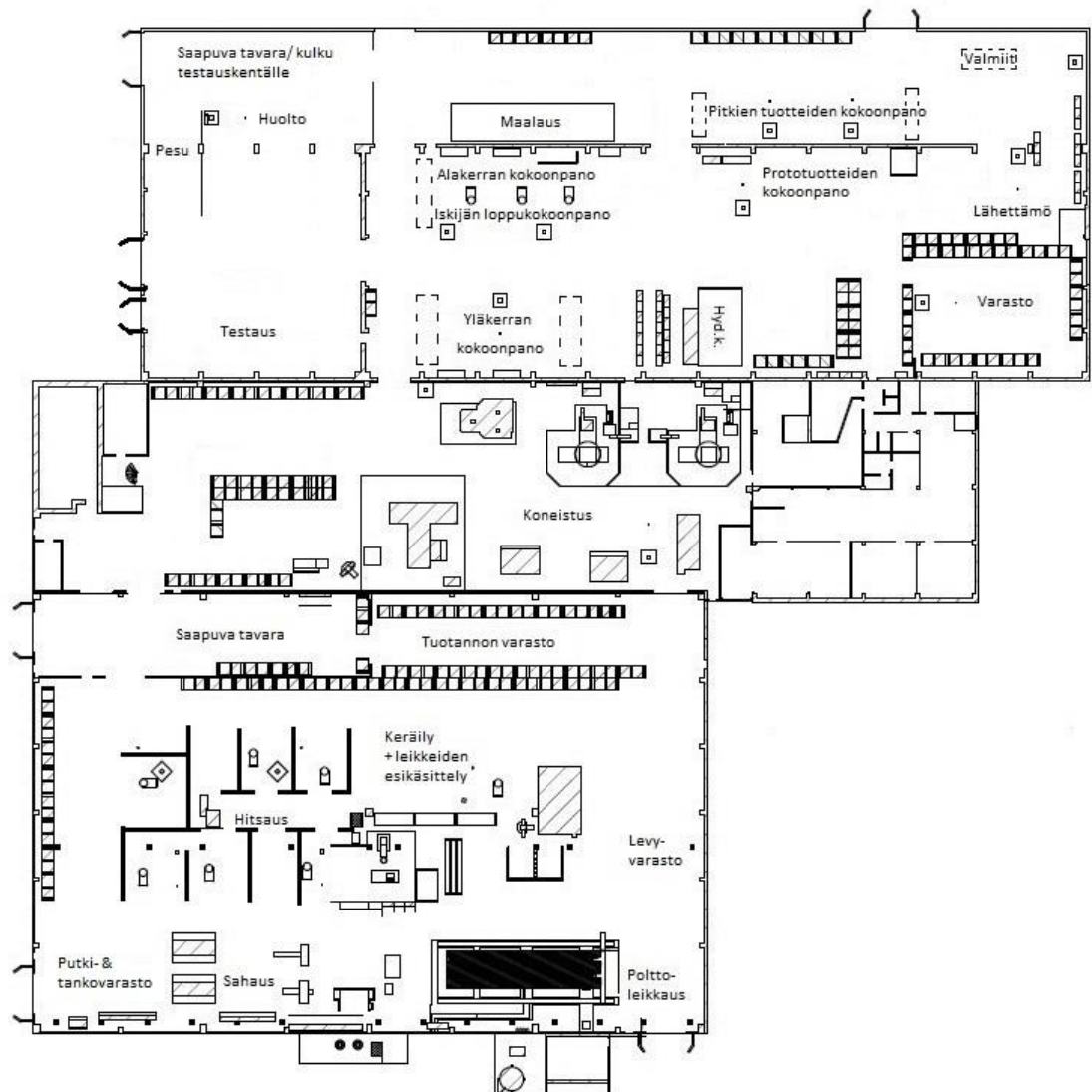


Kuva 18. U-rautojen liike puolivalmiista rakenteesta maalatuksi lopputuotteen osaksi.



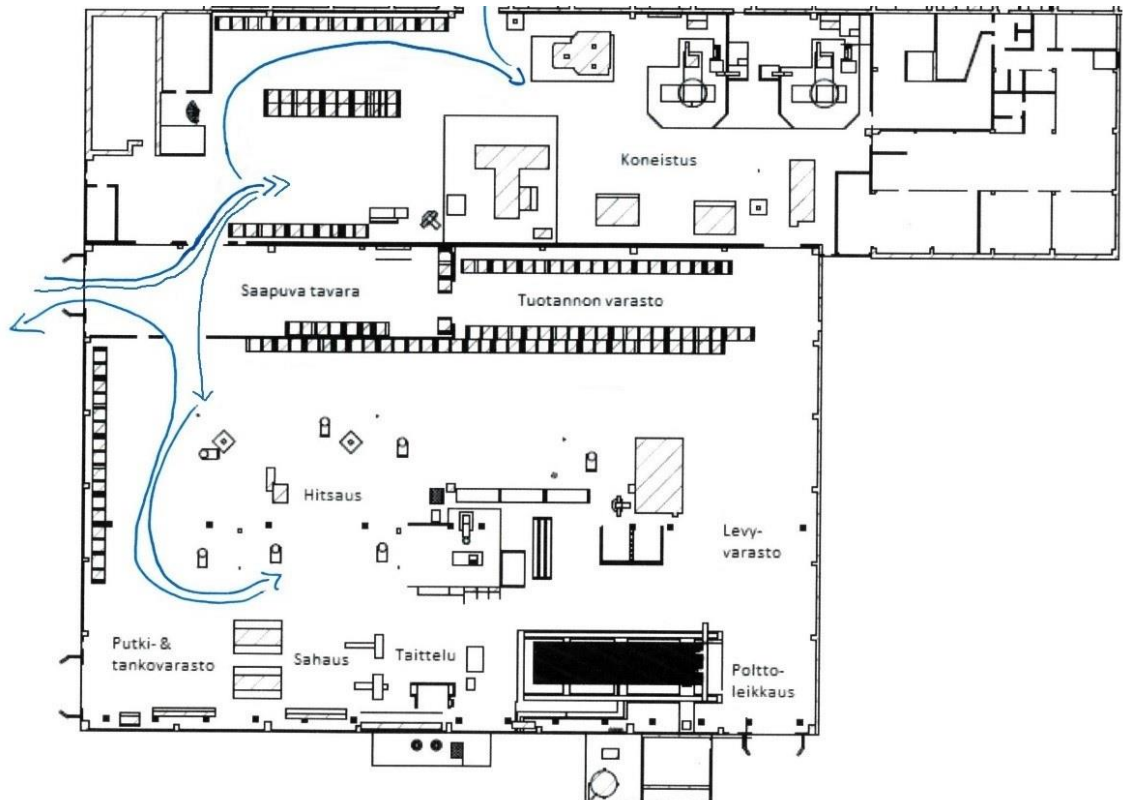
Kuva 19. Erään vibrakoteloon tulevan leikkeen virta tuotannossa.

LIITE D: LAYOUTSUUNNITELMA

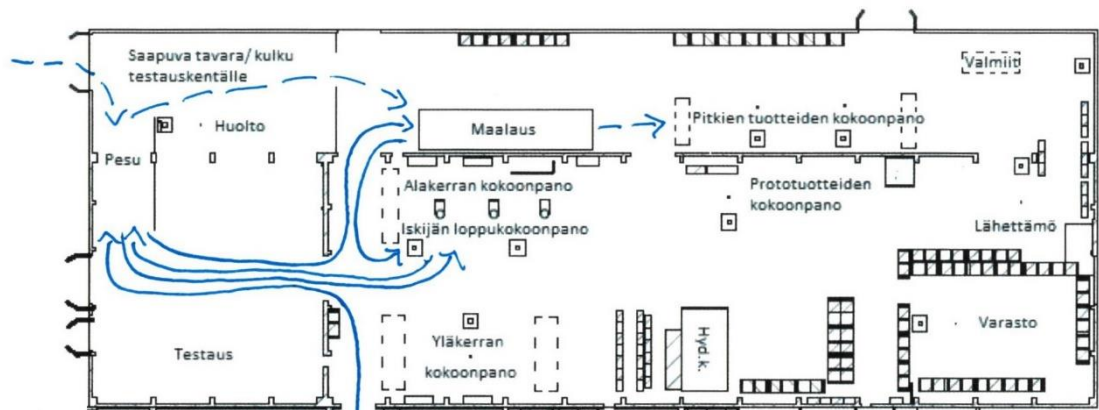


Kuva 20. Suunnitelma tutkittavan tuotantotilan laajentamiseksi.

LIITE E: MUUTTUNEET MATERIAALIVIRRAT



Kuva 21. Kuvassa 19 esitetyn leikkeen virran muutos hitsaamossa ja koneistamossa, jos leike ostetaan esikäsiteltynä ja koneistettuna.



Kuva 22. Kokoonpanovirtojen muutoksia layoutmuutoksen ja laajennuksen jälkeen.

LIITE F: LEAN-TYÖKALUT

Taulukko 5. *Lean-työkalut ja niiden kuvaukset (Bhasin 2015, s. 92-95).*

Lean tool	What is it?	How does it help?
5S	Organise the work area: <ul style="list-style-type: none"> • Sort (eliminate that which is not needed) • Set in order (organise remaining items) • Shine (clean and inspect work area) • Standardise (write standards for above) • Sustain (regularly apply the standards) 	Eliminates waste that results from a poorly organised work area (e.g. wasting time looking for a tool)
Andon	Visual feedback system for the plant floor that indicates production status, alerts when assistance is needed, and empowers operators to stop the production process	Acts as a real-time communication tool for the plant floor that brings immediate attention to problems as they occur—so they can be instantly addressed
Bottleneck analysis	Identify which part of the manufacturing process limits the overall throughput and improve the performance of that part of the process	Improves throughput by strengthening the weakest link in the manufacturing process
Continuous flow	Manufacturing where work in process smoothly flows through production with minimal (or no) buffers between steps of the manufacturing process	Eliminates many forms of waste (e.g. inventory, waiting time, and transport)
Gemba (the real place)	A philosophy that reminds us to get out of our offices and spend time on the plant floor—the place where real action occurs	Promotes a deep and thorough understanding of real-world manufacturing issues—by first-hand observation and by talking with plant floor employees
Heijunka (level scheduling)	A form of production scheduling that purposely manufactures in much smaller batches by sequencing (mixing) product variants within the same process	Reduces lead times (since each product or variant is manufactured more frequently) and inventory (since batches are smaller)
Hoshin Kanri (policy deployment)	Align the goals of the company (strategy), with the plans of middle management (tactics) and the work performed on the plant floor (action)	Ensures that progress towards strategic goals is consistent and thorough—eliminating the waste that comes from poor communication and inconsistent direction

Jidoka (autonomation)	Design equipment to partially automate the manufacturing process (partial automation is typically much less expensive than full automation) and to automatically stop when defects are detected	After Jidoka, workers can frequently monitor multiple stations (reducing labour costs) and many quality issues can be detected immediately (improving quality)
Just-in-time (JIT)	Pull parts through production based on customer demand instead of pushing parts through production based on projected demand. Relies on many Lean tools, such as continuous flow, heijunka, kanban, standardised work and takt time	Highly effective in reducing inventory levels. Improves cash flow and reduces space requirements
Kaizen (continuous improvement)	A strategy where employees work together proactively to achieve regular, incremental improvements in the manufacturing process	Combines the collective talents of a company to create an engine for continually eliminating waste from manufacturing processes
Kanban (pull system)	A method of regulating the flow of goods both within the factory and with outside suppliers and customers. Based on automatic replenishment through signal cards that indicate when more goods are needed	Eliminates waste from inventory and overproduction. Can eliminate the need for physical inventories (instead relying on signal cards to indicate when more goods need to be ordered)
KPI (key performance indicator)	Metrics designed to track and encourage progress towards critical goals of the organisation. Strongly promoted KPIs can be extremely powerful drivers of behaviour—so it is important to carefully select KPIs that will drive desired behaviour	The best manufacturing KPIs: <ul style="list-style-type: none"> • Are aligned with top-level strategic goals (thus helping to achieve those goals) • Are effective at exposing and quantifying waste (OEE is a good example) • Are readily influenced by plant floor employees (so they can drive results)
Muda (waste)	Anything in the manufacturing process that does not add value from the customer's perspective	Eliminating muda (waste) is the primary focus of Lean manufacturing
Overall equipment effectiveness (OEE)	Framework for measuring productivity loss for a given manufacturing process. Three categories of loss are tracked: <ul style="list-style-type: none"> • Availability (e.g. down time) • Performance (e.g. slow cycles) • Quality (e.g. rejects) 	Provides a benchmark/baseline and a means to track progress in eliminating waste from a manufacturing process. 100 % OEE means perfect production (manufacturing only good parts, as fast as possible, with no down time)
PDCA (plan, do, check, act)	An iterative methodology for implementing improvements: <ul style="list-style-type: none"> • Plan (establish plan and expected results) • Do (implement plan) • Check (verify expected results achieved) • Act (review and assess; do it again) 	Applies a scientific approach to making improvements: <ul style="list-style-type: none"> • Plan (develop a hypothesis) • Do (run experiment) • Check (evaluate results) • Act (refine your experiment; try again)

Poka-yoke (error proofing)	Design error detection and prevention into production processes with the goal of achieving zero defects	It is difficult (and expensive) to find all defects through inspection, and correcting defects typically gets significantly more expensive at each stage of production
Root cause analysis	A problem-solving methodology that focuses on resolving the underlying problem instead of applying quick fixes that only treat immediate symptoms of the problem. A common approach is to ask why five times—each time moving a step closer to discovering the true underlying problem	Helps to ensure that a problem is truly eliminated by applying corrective action to the “root cause” of the problem
Single minute exchange of die (SMED)	Reduce set-up (changeover) time to less than 10 min. Techniques include: <ul style="list-style-type: none"> • Convert set-up steps to be external (performed whilst the process is running) • Simplify internal set-up (e.g. replace bolts with knobs and levers) • Eliminate non-essential operations • Create standardised work instructions 	Enables manufacturing in smaller lots, reduces inventory and improves customer responsiveness
Six big losses	Six categories of productivity loss that are almost universally experienced in manufacturing: <ul style="list-style-type: none"> • Breakdowns • Set-up/adjustments • Small stops • Reduced speed • Start-up rejects • Production rejects 	Provides a framework for attacking the most common causes of waste in manufacturing
SMART goals	Goals that are specific, measurable, attainable, relevant, and time specific	Helps to ensure that goals are effective
Standardised work	Documented procedures for manufacturing that capture best practices (including the time to complete each task). Must be “living” documentation that is easy to change	Eliminates waste by consistently applying best practices. Forms a baseline for future improvement activities
Takt time	The pace of production (e.g. manufacturing one piece every 34 s) that aligns production with customer demand. Calculated as planned production time/customer demand	Provides a simple, consistent, and intuitive method of pacing production. Is easily extended to provide an efficiency goal for the plant floor (actual pieces/target pieces)

Total productive maintenance (TPM)	A holistic approach to maintenance that focuses on proactive and preventative maintenance to maximise the operational time of equipment. TPM blurs the distinction between maintenance and production by placing a strong emphasis on empowering operators to help maintain their equipment	Creates a shared responsibility for equipment that encourages greater involvement by plant floor workers. In the right environment, this can be very effective in improving productivity (increasing up time, reducing cycle times, and eliminating defects)
Value stream mapping	A tool used to visually map the flow of production. Shows the current and future state of processes in a way that highlights opportunities for improvement	Exposes waste in the current processes and provides a roadmap for improvement through the future state
Visual factory	Visual indicators, displays, and controls used throughout manufacturing plants to improve communication of information	Makes the state and condition of manufacturing processes easily accessible and very clear—to everyone